



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GEOGRAFIA**

**MANOEL LUIS DA SILVA NETO**

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM SOLOS DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A  
DESERTIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CABACEIRAS- PB**

**JOÃO PESSOA  
2016**

**MANOEL LUIS DA SILVA NETO**

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM SOLOS DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A  
DESERTIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CABACEIRAS- PB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como  
requisito para obtenção do título de Bacharel pelo  
curso de geografia da Universidade Federal da  
Paraíba– UFPB.

Orientador: Prof.º Dr.º Bartolomeu Israel de Souza

**JOÃO PESSOA**  
**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE GEOGRAFIA**

**PARECER DO TCC**

Tendo em vista que o aluno MANOEL LUIS DA SILVA NETO cumpriu os itens da avaliação do TCC previstos no artigo 25º da Resolução CCG/CCEN/UFPB N. 01/2016 somos de parecer favorável à aprovação do TCC intitulado: CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM SOLOS DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CABACEIRAS-PB

Nota final obtida: 8,5

João Pessoa, 09 de novembro de 2016.

**BANCA EXAMINADORA:**

Bartolomeu I. de Souza

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza  
Orientador

Jonas Souza

Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza  
Membro Interno

Rony Lopes Lungenho

Me. Rony Lopes Lungenho  
Membro Interno

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelas oportunidades concedidas em minha vida.

A oportunidade de participação do Laboratório de Estudos do Semiárido, o qual agregou muitos conhecimentos a minha vida acadêmica, indispensáveis na elaboração da referente pesquisa.

A orientação prestada, sempre de forma solícita, pelo orientador e também pelos demais membros do LAESA, sempre dispostos a acrescentar novos conhecimentos a pesquisa.

## **DEDICATÓRIA**

Ao empenho de meus pais, José Vital e Inalda dos Santos, indispensáveis à concretização dessa meta.

A minha tia, Iaraci dos Santos, pelo incentivo e participação da educação na minha infância.

A minha madrinha, Severina Teixeira e família; sua filha: Cíntia Teixeira, seu genro: José Neto e seu neto: Pedro Gabriel, o qual espero contribuir na educação, pela constante presença ao longo da minha vida e apoio aos meus estudos.

## RESUMO

A presente pesquisa tem como objeto de estudo a desertificação; conjunto de processos que ganharam destaque internacional voltados à degradação de ecossistemas áridos, semiáridos e subúmidos secos, localizados em várias áreas do globo, acompanhados por impactos socioeconômicos atribuídos à intervenção antrópica em ambientes de elevada vulnerabilidade, responsabilizada por ocasionar uma série de desequilíbrios ambientais. Concebidos os processos da desertificação, aceita na referente pesquisa como produto de uma intervenção antrópica com início na redução da cobertura vegetal com efeitos marcantes notáveis no solo, parte-se da degradação física, a ser analisado o indicador compactação e adensamento do solo e seus reflexos na condutividade hídrica com implicações diretas na biomassa vegetal, quando de menor expressão, atribuída grande responsabilidade a percepção da desertificação em determinada área. A degradação do solo e sua relação com a desertificação é elucidada pelo estabelecimento das condições que possibilitam a ocorrência dos processos característicos do antropismo predatório, termo usado por Brasil (2004) para definir o desgaste do solo pela alta intensidade de uso, superior a capacidade de suporte, uma vez que ultrapassado esse limite é aumentada a possibilidade de instauração da desertificação. Através do bioindicador compactação, foi analisada a capacidade do solo de armazenar água disponível a manutenção da vegetação, esta reguladora das propriedades físicas, químicas, biológicas e climáticas do mesmo, através da ciclagem de matéria orgânica. Foi possível comprovar que mesmo tênue, um solo vegetado oferece condições apropriadas a eventual recomposição vegetal, consequentemente a recuperação de suas condições necessárias de suporte a vida, diferente de um solo totalmente exposto com maiores chances de perdas por erosão e desenvolvimento das condições propícias à instauração de um quadro desertificado.

**Palavras chave: Desertificação; infiltração; compactação**

## **ABSTRACT**

This research has as object of study the desertification, a series of process that acquired international attention focused to the degradation on the arid, semiarid and dry sub-humid lands, located worldwide accompanied with socio-economic impacts due anthropic intervention in high vulnerability places, charged for a series of environmental imbalances. According to the desertification process, adopted in the research as the product of anthropic intervention, that starts with vegetation cover's reduction accompanied with particular effects in the soils, we take the physical degradation to analyze the compaction and densification's index and its consequences in the hydraulic conductivity, immediately linked to biomass, when the lower expression, assigned large responsibility to the perception of desertification in such area. The soil degradation and its relationship with desertification is elucidated for the settle down of the conditions that allow the occurrence of predatory anthropic process, term used for Brazil (2004) to designate the soil wastage by the high intensity use, higher than the supportability, once broken down the limits, gets further chance to settle down desertification. By means of the bioindicator compaction, was analized the soil capacity to store water available to the vegetation's maintenance, this one, regulator of physic, chemistry, biologic and climatic properties of soil, through the organic matter. Was proved that even tenuous, a vegetated soil offers appropriated conditions to a eventual vegetation reconstitution, hence the recover of the nessecery conditions to support life, unlike one soil completely exposed with higher chances to looses by erosion and development of propitious conditions to achieve desertified landscape.

**Key Words: Desertification; infiltration; soil compaction.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processos da degradação do solo induzidos pelo homem-interconectividade e simultaneidade na ocorrência.	27
figura 2. Localização da área de estudo na Paraíba.	34
figura 3. Localização dos pontos de realização dos testes de infiltração.	35
figura 4. Ponto 1-solo totalmente exposto.	38
figura 5. Gráfico de infiltração acumulada.	39
figura 6. Gráfico de velocidade de infiltração.	39
figura 7. Ponto 2: solo exposto com presença de vegetação esparsa.	40

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

1-INTRODUÇÃO.....	7
2.OBJETIVOS .....	12
2.1 Geral .....	12
2.2 Específico .....	12
3.REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
3.1 Desertificação: processo ou fenômeno? .....	12
3.2 Desertificação no semiárido brasileiro .....	17
3.3 Solos e desertificação .....	25
4.LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	33
5.MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
6.RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	37
7.CONCLUSÃO .....	42
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
9.APÊNDICES .....	46



## 1-INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem como objeto de estudo a desertificação; conjunto de processos que ganharam destaque internacional voltados à degradação de ecossistemas áridos, semiáridos e subúmidos secos localizados em várias áreas do globo, acompanhados por impactos socioeconômicos atribuídos à intervenção antrópica em ambientes de elevada vulnerabilidade, responsabilizada por ocasionar uma série de desequilíbrios ambientais.

Dentre os episódios históricos responsáveis pela internacionalização do termo proposto em 1949 pelo ecólogo e botânico francês Albert Aubrèville, destaca-se o ocorrido durante a década de 30, mais precisamente entre 1934 e 1936 no meio oeste americano. Denominado Dust Bowl, o fenômeno assolou uma área de 380.000km<sup>2</sup> abrangendo os estados de Oklahoma, Kansas, Novo México e Colorado, fruto da ação concomitante da degradação ambiental dos solos num período de seca, caracterizada pelo desmatamento da estepe para a expansão da agricultura, marcada pela ação da erosão eólica responsável pela formação das grandes nuvens de poeira; características do fenômeno. (SOUZA, 2008; NASCIMENTO, 2013).

Décadas após o ocorrido, outro evento corroborou a necessidade de ampliar os estudos desse tipo de degradação recorrente nas terras secas. Nesse caso, uma estiagem de grande magnitude afetou a região saheliana na África, marcada por um histórico de secas recorrentes e prolongadas. A maior registrada começou no final dos anos 1960 e a situação das chuvas só foi normalizada em 1974. No fim da década de 60, os países pertencentes ao Sahel já estavam entre os mais pobres do mundo, o que definitivamente impediu que a população afetada convivesse adequadamente com a seca, de forma a aumentar a pressão e exaurir os recursos naturais da área, principalmente o solo e a vegetação, sobretudo no Sahel do Sul, área historicamente usada pelos camponeses para uma agricultura voltada a uma estação úmida, diferente do Norte, região mais árida com raízes na apascentação de gado de forma nômade (HERE et al.,1992).

Conforme os registros pluviométricos apontados pelos autores, a seca dos anos 60 estava longe de ser a única do século XX, antes mesmo a região sofreu com uma seca em 1911, que reincidiu em 1940, e novamente em 1968. De caráter totalmente instável, as precipitações resultavam em médias baixíssimas, a exemplo de Rosso no Sahel mauritânico, que durante o período de 1935 a 1972, recebeu de precipitação média anual apenas 284 mm, com uma exceção abaixo da média em 1968 com 122 mm, só voltando à normalidade em 1969, com 295 mm. Os anos seguintes só pioraram: 1970 com 149 mm e 1971 com 126 mm, sendo 1972 o pior ano, com apenas 54 mm. Recentes dados da UNCCD (2014a) confirmaram um declínio de

precipitações no Sahel, no período de 1900 a 2005, sobretudo nos últimos 40 anos, acompanhado pelo aumento da temperatura sazonal por volta de 1.5 a 2.0 graus Célsius.

Os impactos contabilizados foram além da degradação dos recursos naturais, gerando calamidades para a população atingida que sofreu com a fome, desnutrição e doenças que resultaram em mortes e aqueles que sobreviveram foram forçados a migrar para regiões menos afetadas. O número de mortes de pessoas ultrapassou 200 mil, e a morte dos animais beirou à casa dos milhões (BRASIL, 2004). Dessa forma a situação saheliana foi responsável por atrair atenção da comunidade científica global, agora interessada em entender a gênese da desertificação para assim poder conter seus indicadores e processos atrelados.

A primeira reunião em nível internacional a tratar exclusivamente do fenômeno, reconhecendo-o como um problema mundial em processo de expansão e responsável por prejuízos incalculáveis às nações, tanto econômicos quanto se tratando de qualidade de vida das populações afetadas, foi realizada em Nairóbi-Quênia em 1977. Nesse caso, a UNCOD (United Nations Conference on Desertification) teve um papel primordial servindo de abertura às novas discussões que foram tratadas nas conferências que a sucederam como a UNCED (United Nations Conference on Environment and Development), também conhecida por ECO-92, sediada no Rio de Janeiro- BR, que resultou na elaboração do documento Agenda 21, na qual em seu capítulo 12, intitulado: “Manejo de ecossistemas frágeis: a luta contra desertificação e a seca”, conceituou a desertificação como degradação do solo em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, classificadas como frágeis por nelas estarem localizados importantes ecossistemas com características e recursos únicos.

Admitindo com base nos estudos realizados até o momento pelo UNEP (United Nations Environment Programme) não possuir uma base sólida de dados referentes aos processos envolvidos na desertificação, porém tendo como uma certeza seus efeitos danosos à humanidade, a Agenda 21 estabelece as áreas prioritárias de combate à desertificação tendo como critério o nível atual de degradação, com maior prioridade as áreas não degradadas ou levemente degradadas. Porém, é salientado que as terras seriamente degradadas não deverão ser negligenciadas.

Norteador de vários estudos, o PAN-Brasil, (Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação), documento de cunho político e técnico, baseado no UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification) e elaborado em conjunto por entidades governamentais e não governamentais de segmentos federais e estaduais, através da articulação de vários ministérios pelo GTIM- Grupo de Trabalho Interministerial; que preconiza a participação da

sociedade civil na luta contra a desertificação, articula suas ações sobre quatro eixos chamados de temáticos, pautados nos mega objetivos do Plano Plurianual de 2004 a 2007 (BRASIL, p. 17):

1. Redução da pobreza e desigualdade;
2. Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva;
3. Conservação, Preservação e Manejo Sustentável dos Recursos Naturais;
4. Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional.

Dos vários estudos realizados até o momento sobre a desertificação em nível global, temos a preocupação com os prejuízos financeiros; quando se fala em perda da produtividade biológica das terras aráveis; pondo em risco a prática da agricultura e a previsão de cenários futuros onde não sejam postas em prática de forma efetiva as ações de combate e contenção dessa degradação.

Privilegiado no documento *Our Common Future* de 1987 ou simplesmente Relatório Brundtland, em homenagem à na época Primeira Ministra da Noruega: Gro Harlem Brundtland, responsável por presidir a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento criada pela Assembleia Geral da ONU em 1983, o tema desertificação é explanado em suas causas e principalmente suas consequências sobre as populações afetadas, problema atrelado a outros, como desflorestamento, mudanças climáticas e perdas de espécies, dos quais na mesma medida é salientada a necessidade de agir o quanto antes de forma sistemática no controle através da ação da comunidade internacional, tendo em vista alcançar o objetivo do desenvolvimento sustentável abordado como sendo: “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades.” (Tradução nossa, p.24-25).

A desertificação foi nesse documento, tratada como o avanço dos desertos, mais especificamente como um processo que resulta na perda da capacidade produtiva e econômica nas áreas de clima árido e semiárido, sendo admitida a participação humana nesse processo; a maior responsável por agir conjuntamente aos efeitos climáticos locais. Caracterizada como uma forma de degradação associada ao desflorestamento, suas causas estariam enraizadas na sobrepressão no ambiente pelo fornecimento de recursos a uma crescente população através do uso inadequado dos solos para a agricultura e pecuária em detrimento de produção a qualquer custo.

Conforme os dados apontados no relatório sobre a extensão dos efeitos da desertificação e a população afetada, 35% das terras do planeta sofreriam com a desertificação de leve a severa intensidade, destes 6% correspondem ao estado mais avançado, classificado como extremamente desertificado. Quanto à população afetada, no ano de 1984, as terras áridas

suportavam por volta de 850 milhões de pessoas, dentre essas, 230 milhões habitavam áreas afetadas de forma severa.

Here et al. (1992) já alertavam sobre a importância da preservação das terras vulneráveis a desertificação, como sendo o local de vida de um sexto da população mundial, onde mesmo a produção por unidade - área sendo baixa, a produção total de gêneros alimentícios seria muito grande para ser desprezada. Os autores também previram que cerca de um terço das terras aráveis do mundo seriam perdidas, devido ao aumento da exigência da produção de alimentos para uma população crescente, logo subteve-se que a perspectiva desses pesquisadores não se enquadrava apenas às terras secas, uma vez que as áreas úmidas e semiúmidas estariam em processo semelhante de pressão. Através do UNEP; no documento Agenda 21, foram apresentados dados mais precisos sobre o alcance da desertificação, que além de assolar a parcela de um sexto da população mundial, afetaria 70 por cento de todas as terras secas do globo: 3,6 bilhões de hectares; um quarto da área terrestre total do mundo.

Em se tratando do Brasil, a resolução do CONAMA nº 238 de 22 de dezembro de 1997, aponta dados das perdas econômicas causadas pela desertificação e o custo de recuperação das terras afetadas, além de fazer previsões para o país no período correspondente a 20 anos. Segundo a resolução, através dos dados obtidos pelo Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente, a ação antrópica caracterizada pelo uso inadequado do solo feito pelo sobrepastoreio e salinização por irrigação, os quais resultariam na desertificação, seria responsável pela perda de 6 milhões de hectares, além das perdas econômicas anuais girando em torno de 26 bilhões de dólares, com custos previstos para recuperação das terras em todo mundo ficando em torno de 90 bilhões de dólares. Com base no UNEP, a resolução aponta os dados relativos as perdas econômicas por hectare conforme o tipo de uso do solo, estimados em 250 dólares/hectare em áreas irrigadas, 40 dólares/hectare em áreas de agricultura de sequeiro e 7 dólares/hectare em áreas de pastagem. Quanto ao Brasil, os dados econômicos obtidos pelo Ministério do Meio Ambiente apontam perdas que beiram 800 milhões de dólares por ano, e 2 bilhões para duas décadas.

Conforme Brasil (2004), a porcentagem da superfície terrestre afetada pela desertificação configura 33% da superfície terrestre que abriga cerca de 2,6 bilhões de pessoas, o equivalente a 42% da população mundial. Roxo (2006 apud SOUZA, 2008) afirma que a desertificação ocorre em mais de 100 países, onde são perdidos cerca de 6 milhões de hectares de terra arável produtiva todos os anos, além da erosão do solo afetar um quarto da superfície terrestre e mais de 1 bilhão de pessoas, também salientando que a perda de solo arável por pessoa diminuirá

para 0,16 hectares até 2030, sendo que nos anos 1961-62 essa taxa era de 0,32 hectares e em 1977-99 era de 0,21 hectares.

Novos dados anuais sobre os custos da degradação do solo a nível internacional, fornecidos pelo UNCCD (2014b) no documento: “Land Degradation Neutrality: resilience at local, national and regional levels” revelam um aumento de 400 bilhões de dólares se comparados com os dados da UNEP; apresentados na Agenda 21, que contabilizavam 90 bilhões. Previsões para o ano 2050 afirmam que o número de pessoas diretamente afetadas pelos efeitos da degradação do solo; atualmente 1.5 bilhões, das quais uma parcela expressiva habita áreas marcadas por alto nível de pobreza, relacionadas a 40% da degradação em todo globo, irá crescer proporcionalmente à população mundial: 9 bilhões, resultando no aumento global da demanda por comida em torno de 70% e 100% nos países em desenvolvimento. Enquanto em termos de perdas anuais diretamente reportadas a desertificação, é totalizada a perda anual da produtividade de 12 milhões de hectares, com capacidade de produção de 20 toneladas de grãos.

Vinte anos após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio-Ambiente e Desenvolvimento, sediada no Rio de Janeiro-BR, da qual entre as contribuições consta a definição oficial de desertificação, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD), responsável pela elaboração do documento Rio +20 (The future we want), que reconheceu a importância das convenções posteriores a Rio 92, sendo a UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), UNCBD (United Nations Convention on Biological Diversity) e UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). Sobre essa última, reafirmou o compromisso de combate à desertificação; degradação do solo e dos efeitos adversos da seca, através de medidas internacionais, nacionais e regionais, relacionadas ao manejo adequado dos solos, gestão das águas e erradicação da pobreza para alcançar o desenvolvimento sustentável, apoiando a implementação da UNCCD, em seu plano previsto para a década correspondente aos anos de 2008 e 2018.

Através do breve relato histórico sobre a internacionalização do tema e seus impactos ambientais, sociais e econômicos, os quais devem ser analisados de forma indissociável, além do posicionamento da comunidade científica frente ao fenômeno da desertificação através das pesquisas devidamente citadas com seus apontamentos de dados que evidenciam a necessidade de prevenir e combater a expansão do fenômeno a fim de evitar seus efeitos nocivos, os quais serão explanados nos capítulos que seguem, espera-se justificar e fundamentar a pesquisa a ser

desenvolvida, esperando que a mesma acrescente ainda mais conhecimentos e fomenta discussões a respeito do tema.

Levando em consideração que a supressão excessiva da vegetação em ambientes semiáridos atua diretamente, entre outros atributos, sobre os processos físicos do solo, incluindo-se aí os que estão relacionados a sua capacidade de absorver água, esse trabalho se fundamentou nas seguintes indagações: Como a supressão da vegetação e sua relação com os solos, contribuem para a possível instauração do quadro da desertificação? Como mudanças de ordens física e química do solo funcionam como indicadores da desertificação?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Analisar a compactação do solo na perspectiva da infiltração e suas possíveis implicações no processo de desertificação.

### **2.2 ESPECÍFICO**

Analisar a capacidade de infiltração no solo na perspectiva da velocidade de infiltração e infiltração acumulada e seus reflexos na recomposição vegetal de uma área.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 DESERTIFICAÇÃO: PROCESSO OU FENÔMENO?**

Na tentativa de conceituação do que se pode chamar de fenômeno/processo de desertificação, termo totalmente subjetivo para quem o emprega quando analisado sobre o enfoque das diferentes abordagens, porém associadas causas e suas consequências, as quais muitas vezes não obedecem um encadeamento linear e sequencial que pode ser expresso através de mecanismos de retroalimentação, onde ora a primeira origina a segunda, ora a segunda volta a exercer influências sobre a primeira, aumentando a entropia do sistema, muitos autores das mais diferentes áreas afins concordam com a definição de desertificação como uma forma específica de degradação, ponto de vista compartilhado na referente pesquisa.

Destacamos que nessa discussão, muitas vezes ocorre uma dualidade polarizada entre causas preponderantemente naturais e antrópicas (fenômeno, processo). Nesse caso, a primeira, na maioria das conceituações observadas, é concebida pela atuação do clima, em específico o fenômeno das secas, enquanto a segunda se dá pela intervenção humana no ambiente.

Entretanto, entendemos que essas causas não devem ser analisadas separadamente, mas sim conforme sua importância na gênese da desertificação, afim de que possam ser evitadas e mitigadas.

A compreensão da desertificação para os pesquisadores coloca o desafio de se estabelecer com maior precisão a escala territorial, esta imprescindível para que se delimite a expansão da degradação das terras imediatamente afetadas para as limítrofes, além da escala temporal de manifestação na paisagem, uma vez que se poderá compreender a evolução dos processos ora sequenciais ora cíclicos. Gomez (2001), chama atenção a necessidade de não apenas compreender o tempo necessário a instauração e evolução da degradação, mas interpretar seus efeitos no passado marcados na paisagem e os decorrentes do processo ainda em andamento, os quais são utilizados como indicadores.

Nas áreas propensas a essa degradação no Brasil; as chamadas áreas susceptíveis a desertificação (ASD) devidamente delimitadas em função do clima semiárido, do tipo de uso do solo e dos recursos ali existentes, podem ocorrer a formação dos núcleos de desertificação, caracterizados por Brasil (2004) como manchas de solo descarnadas, quase que evidenciando os afloramentos rochosos, comparadas a erupções epidérmicas, as quais podem se expandir.

Para o autor pioneiro nos estudos desses núcleos; o ecólogo Vasconcelos Sobrinho (1983 apud Brasil,2004), os mesmos acabam apresentando uma dupla importância conceitual por se caracterizar tanto como o efeito máximo de degradação ambiental ou seja; o clímax da desertificação, tanto como o indicador mais importante da desertificação através da percepção de processo inacabado ou em andamento. Em Brasil (2004, p. 22), pode-se notar isso, onde a desertificação é tratada como um limite ou estágio final e acabado de degradação ambiental: “A degradação ambiental nos espaços sujeitos à aridez e à semi-aridez alcança o seu limite com a desertificação”.

Com a finalidade de analisar os mais diferentes pontos de vista dos autores sobre o tema, é preciso antes conhecer a definição mais aceita que norteia vários outros estudos realizados. A cerca do assunto, a UNCED (1992, p.149), afirma que “A desertificação é a degradação do solo nas áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, inclusive de variações climáticas e de atividades humanas”. Sendo assim, trata-se de uma degradação ambiental que tem por resultado final a redução ou perda da produtividade biológica e econômica da terra, dentre outros, por resultado da intervenção do homem com os processos atrelados a essa degradação, enumerados pela UNCCD (1995, p.8) em:

- I. a erosão do solo causada pelo vento e/ou pela água;
- II. a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo, e

III. a destruição da vegetação por períodos prolongados.”

Mesmo admitindo ao fator climático participação da desertificação, é a ação do homem atribuído papel principal nessa degradação; como deixado claro na definição oficial e agora na própria definição de degradação, dessa vez não delimitando a ocorrência em áreas áridas, porém acrescentado o termo mudança climática, referindo se as secas.

Degradação do solo se refere a qualquer redução ou perda da capacidade de produção biológica ou econômica dos recursos básicos, geralmente causada por atividades humanas agravadas por processos naturais, intrinsecamente relacionada a mudanças climáticas e perda da biodiversidade. (UNCCD, 2014.b, p.4, tradução nossa)

A conceituação e o recorte espacial com base nos processos próprios da desertificação foram suscitados por Katyal et al. (2000). Suas críticas quanto a isso são direcionadas a definição mais conhecida proveniente da UNCED (1992), a qual não distingue a terminologia pelo autor chamada de processos ou condições, a primeira relacionada a fenômenos naturais e a segunda, uma condição de degradação relacionada a intervenções em dada área. Dentre outras críticas está a imprecisão do grau de degradação, uma vez admitida como tal, de forma a poder traçar uma linha entre o estado de reversibilidade ou não.

A respeito das definições apresentadas pelos autores, ainda se faz necessário um aprofundamento no aporte conceitual que preencha as lacunas da origem e escala temporal, afim de que seja estabelecido um consenso, uma vez que persiste uma cisão entre a degradação da terra, que vai além da imediata degradação do solo; incluindo a vegetação, tomados como indicadores do estado de desertificação e a própria desertificação, dentre elas: “As causas e, ao mesmo tempo, as consequências da degradação e da desertificação são, frequentemente, a pobreza e a insegurança alimentar combinadas com variações severas do ciclo hidrológico, como secas e enchentes”. (BRASIL, 2004. p. 23, grifo nosso).

Criticado por sua ampla margem para interpretações consideradas vagas, as causas marcadas por sua multiplicidade acabam por confundir-se diretamente com as consequências, estas retroalimentando as causas, nesse caso; o conceito de desertificação nos moldes da UNCCD (1995) parece abarcar maior precisão em suas consequências, reconhecidas pela degradação do solo e por fim redução da produção biológica, enquanto Sampaio et al. (2003), sabendo da imprecisão quanto a delimitação da ação humana num determinado local e instante, bem como a atribuição da variação climática ao que não necessariamente for advindo da ação humana, cogita como ser desertificação qualquer degradação da terra. Os autores optam por caracterizar a desertificação como um processo, atribuindo a ação humana participação decisiva, entretanto; sem ignorar as variações climáticas, polarizadas pelas secas recorrentes nas áreas susceptíveis a seus efeitos nocivos, percebidos pelas populações locais: um processo



de degradação ambiental socioeconomicamente cumulativo e com dinâmica estruturada em ciclos “viciosos”, devido a gama de causas e consequências, marcadas pela influência múltipla, onde a distinção entre as mesmas não é totalmente clara, um “emaranhado”.

Os processos responsáveis pela instauração dessa degradação foram ordenados em fases que quando detectadas, são indicadores da sua caminhada, a qual pode ser iniciada por qualquer uma das fases: degradação do solo, seguida pela redução de sua capacidade produtiva, além dos indicadores socioeconômicos, também levados em consideração no desenvolvimento do processo como sendo reflexos do mesmo na população local: redução da renda agropecuária com deterioração das condições sociais. Todos esses processos são desencadeadores da desertificação, só plenamente caracterizada na presença das quatro fases citadas.

Reportando-se diretamente a desertificação como degradação, Nascimento (2013) define como um estágio avançado de degradação ambiental percebida visualmente como ulcerações que podem ser difusas ou concentradas na paisagem, remetendo a evolução do processo tendo como um dos principais indicadores o solo desnudo. A percepção do processo como o autor evoca através do termo “ressecamento crescente do meio físico” está ligada à área de ocorrência delimitada como terras secas, sob o domínio dos climas áridos, semiáridos e subúmidos secos, marcados por uma recorrente ruptura da dinâmica geocológica, através do exaurimento dos recursos geobotânicos, representados pelas mais diversas formas de degradação do solo, da vegetação e dos recursos hídricos, o que acaba por aumentar a susceptibilidade aos impactos socioeconômicos causados pelas recorrentes secas.

Nessas áreas de ocorrência da desertificação, caracterizadas pela vulnerabilidade em seu quadro geoambiental, as características climáticas se aliam as atividades humanas responsáveis por violar as condições naturais: sobrepastoreio, cultivo e irrigação do solo sem o manejo adequado, para instaurar o cenário onde é predominante a perda da biodiversidade, redução da capacidade produtiva dos solos pela redução da fertilidade, salinização, compactação, erosão, além do assoreamento dos cursos fluviais. Fica evidente que para o autor, a intervenção humana mais relacionada a gênese dessa degradação tem como principais finalidades; a retirada da cobertura vegetal para criação de pastos e campos.

Sobre a atribuição da importância da intervenção humana ao deflagrar o processo de degradação, Le Houérou (1996) defende que áreas áridas, semiáridas e sub húmidas, mantidas livre da exploração humana, como a pecuária dentre outras, não apresentaram qualquer tipo de degradação. Áreas inabitadas, de difícil acesso ou protegidas por lei, fazem parte desse escopo, como exemplo é citado, o Sahel, conhecido mundialmente por internacionalizar os efeitos da

desertificação, através das secas periódicas e degradação sofrida nos anos 1960 a 1970, o qual após esses eventos, os países pertencentes a essa área passaram por um planejamento de prevenção de similares futuros eventos através da estatização de fazendas com centenas de hectares, onde foi empregado um modelo de uso que não excede a capacidade de suporte a longo prazo e como resultado passaram se décadas sem os efeitos nocivos das secas visíveis a longo prazo.

Conti (2009) admite o conceito de desertificação em sua pluralidade quanto as causas: mudanças climáticas e ação predatória antrópica, sendo um conjunto de fenômenos responsáveis por transformar áreas de ecossistemas frágeis de delicado equilíbrio ambiental, associados a longos períodos de seca, em desertos, levando-se em conta a percepção visual do local afetado. Para o mesmo, que considera a cobertura vegetal como o principal indicador da desertificação enquanto maior ou menor vigor da biomassa, esse último relacionado ao declínio progressivo da atividade biológica que caracteriza o que é por ele chamado de desertificação biológica, a ação antrópica é a responsável pela origem dos desertos ecológicos.

Quanto a escala de tempo que rege o surgimento dessas áreas degradadas, originadas principalmente pela redução da cobertura vegetal acompanhada pela degradação do solo dentre outras pela salinização e consequente redução da fertilidade, o autor afirma ser inferior ao tempo de vida humana. O deserto enquanto um sistema natural, relaciona-se a processos de longa escala temporal até atingir seu clímax, enquanto o deserto ecológico poderia ser formado em um período muito curto, da ordem inferior a expectativa de vida humana, logo, a desertificação compreenderia processos dinâmicos passíveis de serem observados pelo homem, desde sua gênese.

Vale salientar as diferenças conceituais assinaladas pelo autor que difere deserto, seca e desertificação, sendo o primeiro um clímax ecológico, um sistema natural espacialmente delimitado, de ocorrência em áreas marcadas pela continentalidade, sobre influência de correntes frias, localizadas a sotavento e nas latitudes tropicais: fachadas ocidentais, caracterizado por condições climáticas onde a evaporação potencial excede a precipitação média anual, resultando num déficit hídrico, além da alta variabilidade das precipitações, o que acaba por determinar o grau de desenvolvimento dos solos; rasos e salinos, com relação a vegetação, é caracterizada por ser altamente adaptada as condições climáticas e a escassez de água; xerófitas. A relação mais próxima mantida entre os ecossistemas desérticos e as áreas desertificadas, poderia ser descrita pelo compartilhamento das condições típicas do primeiro enquanto percepção das condições climáticas marcadas por altas temperaturas, déficits de

precipitação e vegetação rarefeita com uma área marcada por um histórico de degradação ambiental. Conforme explicam Here et al. (1992), a dinâmica climática é a responsável por caracterizar as áreas secas e os desertos, essa dinâmica climática e as características desse ecossistema por mais similares que sejam as áreas onde a desertificação esteja em andamento, diferem totalmente em sua gênese e escalas temporais.

Sampaio et al. (2003) se preocupam em fazer a devida distinção conceitual entre seca e desertificação, apesar de ambos se relacionarem, trata-se de fenômenos com processos diferentes. A diferença mais assinalada pelos autores está nas causas e efeitos ao longo do tempo relacionados a ação humana, decisiva nas condições de avanço ou reversibilidade. A seca é caracterizada como um fenômeno natural, de ocorrência esporádica ou cíclica, marcada pela redução temporária da produtividade biológica, com reversibilidade garantida, tão logo haja disponibilidade hídrica novamente, suas consequências são revertidas, como o reverdecer da vegetação pela rebrota, a recuperação da fauna local, a normalização das pastagens e restabelecimento das atividades agrícolas. As consequências mais intensas, as quais perdurarem para além do período de secas, tais como as sequelas socioeconômicas advindas do abandono de algumas culturas menos adaptadas aos eventos e perda ou redução de algumas espécies, podem ser interpretados como indicadores da desertificação.

Por fim, com base nas definições apresentadas, pode se afirmar que a desertificação no meio científico é melhor conceituada como um processo, uma vez que é desencadeada através da intervenção humana, sejam atividades econômicas de larga escala de produção em áreas naturalmente vulneráveis, de delicado equilíbrio ambiental, marcadas pelas vicissitudes climáticas, sendo essas atividades caracterizadas pela sobre exploração dos recursos naturais disponíveis com manejo inadequado e atividades de subsistência de menor impacto ambiental, porém praticadas por longos períodos, com indicadores responsáveis por uma percepção visual própria de áreas desérticas, modificadores das condições da vegetação e propriedades do solo: físico química e biológicas.

### 3.2 DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Explanada as diversas conceituações de desertificação, a dualidade causal: natural-antrópica e as consequências para as terras atingidas, compreendidas tanto do ponto de vista dos recursos ambientais intrínsecos a área afetada, previamente delimitada consoante o fator climático, quanto do ponto de vista da população que ali vive; danos à saúde e prejuízos econômicos, faz se necessário a descrição da área a qual a imagem é indissociável a

desertificação no país: o semiárido brasileiro (SAB) onde está inserida a área de estudo propriamente dita e foi aplicada a metodologia da pesquisa.

De considerável representatividade no país, a região semiárida do Nordeste, conta com aproximadamente 48% da região afetada, em extensão 788.064 Km<sup>2</sup> (NASCIMENTO, 2013), esta região por sua vez, conta com seus nove estados afetados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Maranhão, além da incidência do Norte de Minas Gerais e Espírito Santo, totalizando 18,65% do total brasileiro como áreas susceptíveis à desertificação, onde vivem mais de 31 milhões de pessoas (PAE, 2011) merecendo destaque os estados da Paraíba, Bahia e Ceará, onde este último, conforme Nascimento (2013), proporcionalmente possui a maior área pertencente ao perímetro de semiaridez, quando comparada aos outros estados: 92,1% do território e 136.328 Km<sup>2</sup> de ASD.

Se por um lado, conforme Nascimento (2013), o estado do Ceará possui o maior perímetro de área semiárida: 92,1%, por outro, Perez-Marín et al. (2013) afirmam ser a Paraíba, o estado proporcionalmente mais afetado, onde 71% do seu território já sofreu com os impactos da desertificação, possuindo o núcleo dos Cariri Velhos, e o núcleo do Seridó, localizado na divisa da Paraíba e Rio Grande do Norte, sendo pertencente a ambos estados. Assim entende-se que a semiaridez, a desertificação e as secas recorrentes aos estados citados pertencentes ao nordeste, estão intimamente relacionadas, havendo a necessidade da intervenção antrópica através da degradação ambiental nos espaços sujeitos a aridez e semiaridez para a configuração de um quadro de desertificação propriamente dito, não necessariamente existindo em todas áreas de domínio do clima semiárido.

Conforme a definição mais conhecida a respeito da desertificação, como consta no documento Agenda 21, sua ocorrência é voltada as áreas secas: áridas, semiáridas e subúmidas, enquadradas dentro do índice de Aridez entre 0,05 e 0,65, proveniente da metodologia elaborada por Thornthwaite (1941), posteriormente ajustada por Penman (1953) para a aplicação do Plano de Ação de Combate à Desertificação (PACD) deixando de lado as áreas pertencentes ao clima já árido, dessa forma as áreas com o índice entre 0,21 e 0,65 são classificadas como susceptíveis a desertificação. Para o devido enquadramento das áreas e elaboração de mapas de aridez, a metodologia utiliza a razão obtida entre a precipitação e a evapotranspiração potencial. (PAE, 2011). Os intervalos do índice de aridez e o nível correspondente são: < 0,05- hiperárido; 0,05 a 0,20 – árido; 0,21 a 0,50: semiárido; 0,51 a 0,61: subúmido seco; >0,61: sub úmido, úmido.

Quanto ao critério de classificação das áreas susceptíveis a desertificação em relação ao critério climático de Penman, mais precisamente a exclusão das áreas pertencentes ao intervalo de aridez inferior a 0,20 dentro dele as áreas imediatamente áridas (0,05-0,20) e as hiperáridas ( $<0,05$ ), é justificada sob a ótica da perda da produtividade biológica e econômica, conforme Adeel et al. (2005) é aceito que essas áreas naturalmente possuem uma baixa produtividade e não podem ser mais desertificadas, logo já não seria possível distinguir sua atual dinâmica natural de futuras degradações, os autores no entanto atentam para a existência de mecanismos de degradação que também ocorrem nessas áreas, similares aos das áreas semiáridas e subúmidas secas.

Enquadrando a realidade climática do estado da Paraíba aos índices, PAE (2011) define as mesorregiões: Zona da Mata Paraibana, Agreste, Borborema e Sertão, como: úmido/subúmido, subúmido-seco/semiárido, semiárido com feições de subúmido-seco na porção ocidental, destacando a Borborema por nela estar inseridas as microrregiões: Cariri Oriental e Ocidental e Seridó Oriental e Ocidental, classificadas como semiáridas, com exceção de um núcleo aos arredores do município Cabaceiras com índice inferior a 0,20; (árido) pertencente ao Núcleo de desertificação dos Cariris Velhos, conforme Vasconcelos Sobrinho (1983), anteriormente citado.

Mesmo sendo insuficiente para a categorização de ASD devido a existência de outros critérios envolvidos além do climático, o Índice de Aridez de Thornthwaite/Penman, permite estipular o grau de susceptibilidade a desertificação de forma que se possa tomar ciência das áreas que se enquadram nos devidos intervalos do índice, tal como é apresentado por Brasil (2004), tendo como base os estudos realizados pelo Programa de Combate à Desertificação no Nordeste: 0,05 a 0,20- susceptibilidade **muito alta**, 0,21 a 0,50- susceptibilidade **alta**, 0,51 a 0,65- susceptibilidade **moderada**. Para o estado da Paraíba, quando analisado dentro das classes de aridez entre 0,21 e 0,65, dos seus 223 municípios, 208 pertencem a essa classificação, logo, mais de 90% do estado sob possível risco de desertificação, quando repartidos entre áreas semiáridas, subúmidas-secas e áreas de entorno, o respectivo número de municípios é este: 150, 47 e 11, conforme os dados compartilhados entre o Programa de Ação Nacional de combate à Desertificação, e o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação. Seguindo os critérios de inclusão das áreas de entorno das semiáridas e subúmidas secas propostos pelo Plano de Ação Nacional de Combate à Desertificação, mais de 281 municípios foram classificados como ASD, assim distribuídos conforme seus estados: Maranhão (26), Piauí (71), Ceará (38), Rio Grande do Norte (3), Paraíba (11), Pernambuco (6), Alagoas (7), Sergipe (14),

Bahia (23), Minas Gerais (59) e Espírito Santo (23), ao todo compreendem um território de 207.340 Km<sup>2</sup>, onde todos estados com exceção do Espírito Santo há ocorrência do Bioma Caatinga. Os critérios de integração dos municípios das áreas de entorno as ASD, conforme o PAN-Brasil (p. 41) são:

- i. Municípios do Entorno que tenham sido afetados por secas, integrando, nesses casos, listas de municípios atendidos por programas de emergência de seca, administrados pela Sudene;
- ii. Municípios do Entorno que também façam parte da área de atuação do Bioma Caatinga, conforme estudos realizados pelo Conselho Nacional da Reserva da Biosfera do Bioma Caatinga, em 2003 e 2004;
- iii. Municípios adicionados à área de atuação da Sudene, a partir do disciplinamento da Lei nº 9.690, de 15.07.1998, como os incluídos no Estado do Espírito Santo.

Assim como mencionado por Here et al. (1992), a desertificação “se auto- acelera” através da intensificação dos mesmos processos que a desencadeia. O processo de expansão para as áreas ainda não afetadas, mas que devido a sua propensão natural a fragilidade e adjacência a áreas que já sofrem com a degradação, tem suas raízes na necessidade de expansão de atividades de alto impacto local que já são impraticáveis devido a atual condição dos recursos como o solo já erodido e a vegetação escassa. Conforme apontado por Brasil (2004), a constatação de impactos de degradação ambiental semelhantes aos que ocorrem nas áreas semiáridas e subúmidas secas constituem evidências da capacidade de expansão da desertificação, logo essas áreas de entorno também merecem ser enquadradas como susceptíveis a desertificação (ASD).

Na área de ocorrência da desertificação predomina a vegetação típica do Nordeste brasileiro pertencente ao bioma Caatinga. O bioma considerado exclusivamente brasileiro está entre os mais alterados, aproximadamente 56% de seu território, o qual possuía uma área original de 1.037.517,80 km<sup>2</sup>, conforme o estudo realizado em 2004 pelo Conselho da Reserva Nacional da Biosfera do Bioma Caatinga (BRASIL, 2004). Conforme Lima, Cavalcante e Perez-Martins (2011), a porcentagem das áreas do bioma alteradas pelo homem, variam entre 223.100 Km<sup>2</sup>(30,4%) e 379.565 Km<sup>2</sup>(51,7%). A Caatinga entende-se pelos seguintes estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Minas Gerais e ocupa uma área de 844.453 Km<sup>2</sup>, equivalente a 11% do território brasileiro e aproximadamente 980.000 Km<sup>2</sup>do semiárido. (GUSMÃO et al., 2016).

A dificuldade de aferir com precisão a porcentagem de áreas afetadas jaz na imprecisão da distinção entre a vegetação das caatingas naturais das apropriadas pela ação humana, tendo conhecimento de suas diversificadas feições, as quais podem apresentar-se como perenifólia, subperenifólia, caducifólia, subcaducifólia, cerrado, hiperxerófila e hipoxerófila. (SILVA et al., 2007 apud SANTANA, 2007, p.42) e de estrato arbóreo-arbustivo e arbustivo arbóreo e

raramente arbóreo (AB'SÁBER, 1985), este último estrato, reflexo de uma maior profundidade dos solos e maior capacidade de armazenamento de água pelo mesmo (PRADO, 1995 apud ARAÚJO; SOUZA, 2011) mais comum nas encostas de serras e vales de rios.

Enquanto a caracterização do Bioma Caatinga, é constatada a concordância de vários autores, entre eles: Brasil (2004), Pinto, Cavalcante e Andrade (2006), Santana (2007) e Souza (2008). Para os autores, a mesma se enquadra como Floresta Decídua do Nordeste ou Savana Estépica Nordestina, de estrato predominante arbustivo-arbóreo, caducifólia e xeromófica, apresenta uma flora abundante em espécies espinhosas, com representativas comunidades de cactáceas popularmente conhecidas por: mandacarus, coroas de frade, facheiros e xique-xique e bromeliáceas.

As respostas fisiológicas exibidas pela vegetação caducifólia acabam por desempenhar um papel vital de conservação de água no solo, dentro do sistema solo-planta-atmosfera. O decréscimo da produção da área foliar, o fechamento dos estômatos e a aceleração da senescência das folhas são esses mecanismos de sobrevivência a exposição a situação de déficit hídrico, uma vez que evitam a perda de água pela transpiração (McCREE, FERNÁNDEZ, 1989 apud SANTOS; CARLESSO, 1998). Quanto ao aumento da senescência frente ao déficit hídrico, Wright et al. (1983 apud SANTOS; CARLESSO, 1998, p.290) explicam que a deficiência hídrica no solo afeta o fornecimento de nitrogênio dentro das necessidades da planta para seu desenvolvimento, o nitrogênio acaba por ser retranslocado das folhas mais velhas para os pontos em crescimento. Outro mecanismo de resistência a seca, que merece ser mencionado é o chamado por Lacerda (2007) de “plasticidade de desenvolvimento”, habilidade pertencente ao mecanismo de fuga ou escape a seca. Conforme o autor, além desse mecanismo existe outros dois, sendo: o adiamento ou retardamento da desidratação e a tolerância a desidratação. A plasticidade de desenvolvimento corresponde a capacidade de adaptação da planta de completar seu ciclo fenológico, antes que os tecidos vegetais atinjam um déficit hídrico em decorrência do baixo teor de humidade do solo, sendo assim, após o período de chuvas, a planta germina, cresce, floresce e produz suas sementes antes do período seco. O mecanismo do adiamento ou retardamento da desidratação divide-se na manutenção da absorção de água e redução da perda, correspondendo ao aumento da profundidade do sistema radicular, aceleração da senescência e redução da área fotossintética.

Com mais de 20 milhões de habitantes, concentrando aproximadamente 12,3% da população total do país e densidade demográfica de 21 hab./Km<sup>2</sup>, o semiárido brasileiro se apresenta como o mais populoso do planeta, e com maior índice de precipitações com uma

média de 750 bilhões de m<sup>3</sup>d'água e 2.800 horas de insolação anual. (GIONGO, 2011). Sua considerável densidade populacional aliada ao uso inadequado dos recursos naturais sobre explorados e a severidade do clima, marcado pela ocorrência de secas qualificam uma combinação crucial para a degradação nessa área. Para Costa (2002) essa degradação consiste no desmatamento da vegetação nativa para uso intensivo do solo pela agricultura, pecuária extensiva, práticas inadequadas de irrigação e mineração, responsáveis pela deterioração das propriedades físicas, químicas, biológicas e potencial econômico do solo, atrelado a redução da qualidade de vida das populações afetadas. A essas práticas, é adicionado o fator pobreza e a consequente insegurança alimentar, a qual justifica a pressão demasiada sobre os recursos locais como uma estratégia de sobrevivência, caracterizando um desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais.

Sobre os impactos ambientais recorrentes nas áreas semiáridas, não só as brasileiras, mas em geral, devido à similaridade de sua natureza, é necessário explicar os resultados das atividades que ainda são praticadas até culminar na desertificação. Mesmo com relativas mudanças feitas para se adequar as novas condições, essas atividades continuam muito danosas. Tomemos como exemplo a substituição da pecuária bovina pela caprinocultura no Cariri paraibano, praticada de forma extensiva em áreas de Caatinga, onde a substituição do gado bovino pelos caprinos evidencia a reduzida capacidade da vegetação de suportar a atividade nos antigos moldes de consumo, tendo em vista que o caprino necessita de uma área menor de pastagem, além de ser mais adaptado ao clima.

Essa intrincada relação de pressão exercida pela agropecuária nos ecossistemas das áreas semiáridas é explicada por Here et. al. (1992). Conforme os autores, a priorização dos rebanhos em detrimento do manejo sustentável do solo e da vegetação nativa, é a fonte do problema, uma vez que há uma tendência de expansão dos rebanhos nos anos consecutivos de chuvas regulares, e um atraso na medida de redução do número de animais quando se instaura o período de secas, a relutância perdura até que a vegetação esteja menos atrativa e já se encontre sobre apascentada, dessa forma a economia também é afetada devido à grande oferta de animais no mercado acarretando preços baixos, essa decisão tardia de redução dos efetivos apenas acarreta em prejuízos financeiros aos proprietários que se encontram com as pastagens de suas terras já degradadas além da perda dos animais para a inanição. Ainda assim alguns pecuaristas tentam manter seus efetivos, prolongando os ao máximo até o imprevisível fim da seca e volta das chuvas, onde novamente recomeça a expansão dos efetivos sobre um pasto já debilitado, com solo exposto e sem garantias de regeneração, perpetuando um ciclo de degradação. O mesmo



acontece com os agricultores que alternam a expansão e a retração das suas culturas conforme as condições climáticas vigentes, no período chuvoso as culturas ganham novas áreas em terras marginais com melhores condições de solo e umidade, pressionando a pecuária. O aumento da pressão sobre o solo durante esse período é inevitável, de tal forma que no fim da estação chuvosa, o solo estará desnudo e completamente vulnerável a erosão.

A respeito disso, Le Houérou (1996), corroborando com Here et al. (1992), afirma que a desertificação decorre da expansão de atividades agrícolas e pecuárias presenciadas durante os períodos de maior precipitação, sendo sentida pela população após seu término que não necessariamente significa a instalação das secas consecutivas como Natural Hazards, mas sim o retorno as condições normais recorrentes em áreas áridas, essa excepcionalidade climática acaba então por alimentar o imaginário local, que durante o período favorável ao desenvolvimento de suas atividades econômicas rapidamente acabam por esquecer dos regimes de privação. Tal cenário de escassez e degradação instaurado após o período favorável, é descrito por Adeel et al. (2005, p.4) como: “downward spiral of degradation”, uma espiral descendente de degradação, que marca o início da desertificação. Em suas palavras:

Quando a resiliência dos ecossistemas das terras secas é comprometida e não retorna aos níveis esperados de provisão de serviços depois que a perturbação é extinta, uma espiral descendente de degradação – em outras palavras, desertificação pode ocorrer. (Tradução nossa).

Sendo assim o fator climático e suas flutuações são determinantes em todos aspectos da vida das populações dessas áreas, refletindo na relação do homem com o meio através da utilização de recursos para a própria subsistência e para o desenvolvimento de atividades econômicas dentro de um mercado altamente desigual e competitivo. Essa relação se caracteriza por ser conflituosa, marcada pela unilateralidade de benefícios, estes em favor do homem, o que faz com que a dinâmica do clima local seja comparada a verdadeiras catástrofes naturais quando as expectativas sobre os padrões determinados para o funcionamento dessas atividades não são alcançadas. É sabido que as secas são fenômenos naturais, porém seus efeitos são intensificados pela influência humana através do desmatamento, mudanças no albedo, e alterações no microclima. Seus efeitos sobre o ambiente e a população se dão de formas diferentes, porém relacionadas, dessa forma o fenômeno é estudado de acordo com o enfoque desejado, seja através da manifestação no solo: seca edáfica, nos recursos hídricos: seca hidrológica ou na agricultura e outras atividades econômicas: seca social.

Conforme o PAE-PB (2011), a seca edáfica, assim como as outras, tem sua origem na distribuição de chuvas irregulares e insuficientes e caracteriza-se pelo baixo teor de umidade

no solo nas zonas radiculares das plantas, por isso também é conhecida por seca agrícola. Já a seca hidrológica, como já especificado no próprio termo, faz referência a insuficiente vazão dos recursos hídricos. Conforme Campos 2001 (apud PAE-PB, 2011) as causas para tal seca estão ligadas a incapacidade do solo de absorver as águas das precipitações e reabastecer as reservas subterrâneas. A explicação para tal fato deve-se a precipitação irregular de chuvas torrenciais que superam a velocidade de infiltração e favorecem o processo de escoamento superficial, o qual tem grande poder erosivo quando encontra um solo com vegetação rarefeita, por fim a seca social, que resumidamente se caracteriza pelas perdas econômicas, refletidas na população através de transtornos sociais, pode-se afirmar que esta é apenas uma consequência das secas edáficas e hidrológica.

Não só os efeitos diretamente físicos manifestados na paisagem são utilizados para conceituação do fenômeno das secas, a percepção social do fenômeno também é relevante para tal. Para o PAE-PB (2011), além das secas anteriormente citadas, é necessário a menção de mais uma modalidade: as “secas verdes” ou “veranicos”, secas de curtos períodos de estiagem entre períodos chuvosos, onde mesmo a vegetação ainda verdejante, o plantio das culturas é impossibilitado. Para Costa (2002) a seca torna-se relativa quando as lavouras de subsistência e as pastagens para o rebanho fenecem devido à falta de umidade necessária a manutenção das mesmas, reiterando a inadequação dessas atividades às potencialidades naturais do semiárido.

Em relação à Paraíba, a evolução da degradação no cenário do semiárido é apontada através da proporção da destruição da cobertura da vegetação da Caatinga, desde a década de 60 a 90, dentre outros autores, por Costa (2002). Conforme o mesmo, até meados de 1964 o estado possuía mais de 60% de seu território sobre a cobertura da Caatinga; em 1976 essa área sofreu uma redução, ficando com aproximadamente 53,5%, e em 1993 a área foi reduzida a 33,2%. Essa redução expressiva está associada ao uso da vegetação como matriz energética, através da queima do carvão, que em 1994 representava 41%, dividido entre o uso domiciliar e industrial, deste primeiro: 75% e o segundo: 25%. Entre os anos de 2002 e 2008, a área antropizada do bioma Caatinga contabilizava 1.013Km<sup>2</sup>, correspondendo a 0,12 % do bioma na Paraíba: 51.357Km<sup>2</sup>. Em seguida, entre os anos de 2008 e 2009, a área antropizada representou uma considerável redução: 91,89Km<sup>2</sup>, o equivalente a 0,18% do bioma no estado: 51.262Km<sup>2</sup> (MMA/IBAMA, 2010, 2011).

As modificações na vegetação no tocante as espécies dominantes no estrato das mesmas e por fim suas feições, são resultado direto do tipo de uso o qual a vegetação é submetida, acarretando em uma seleção e perda de várias espécies, restando as mais resistentes ou com

menor atração ligada ao valor de mercado, geralmente as inadequadas a uma boa forragem, a construção de habitações e cercas, devido a tortuosidade dos galhos ou simplesmente não geram calor suficiente para serem consideradas boas matrizes energéticas, o que acaba por alimentar paradigmas de que a Caatinga é monótona e pobre em espécies.

Ab'Sáber (1985) afirma que as “capoeiras” de caatingas formadas por espécies como marmeleiro; família Euphorbiaceae e jurema; família Fabaceae, funcionam como um indicador, o qual atesta a dificuldade de recuperação da vegetação original com maior diversidade de espécies após o manejo inadequado, o que contribui para o desenvolvimento do xerofitismo. Souza (2008) constata a formação predominante das áreas de Caatinga arbustiva semiaberta, pelas espécies: pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), [*Poincianella gardneriana*] associados ao pinhão-bravo (*Jatropha molissima*) e o xique-xique (*Cereus gounellei*) [*Pilosocereus gounellei*]. A explicação dessa predominância, deve-se ao fato de que a madeira dessas espécies são desvalorizadas para a produção de lenha e construções em geral, além da toxicidade das folhas do pereiro enquanto verdes, apenas sendo usadas como forragem pelo gado, quando caídas no chão.

### 3.3 SOLOS E DESERTIFICAÇÃO

Após a UNCCD (1995), a degradação do solo em áreas áridas, semiáridas e sub úmidas secas passou a ser indissociável a desertificação através de sua definição oficial. A despeito desse assunto trabalhado na terceira Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação realizada no México em 2015 “Climate change and desertification: Anticipating, assessing & adapting to future change in drylands” igualmente nas convenções anteriores, descreve as 4 formas de degradação do solo: erosão hídrica, eólica e degradação por alterações químicas e físicas, as quais podem ocasionar a degradação biológica caracterizada pela redução de produtividade, presente na maioria das conceituações de desertificação.

As primeiras formas de degradação se dão pela remoção das camadas mais férteis dos solos com implicações negativas na produtividade dos mesmos. A degradação química, essa em parte independente do clima, está relacionada a perda de matéria orgânica que seria fornecida pela vegetação, a salinização; acidificação; alcalinização e a poluição são próprias desse tipo de degradação com efeitos silenciosos. A degradação física é representada pela compactação, selamento e formações de crostas que geralmente prejudicam a capacidade de infiltração e percolação dos solos, como consequências do selamento da superfície estão inclusos a alteração do balanço de energia, da temperatura, percolação e difusão dos gases, além

da redução da capacidade de captura de carbono pelo solo, o que também afeta a biota (UNCCD, 2015).

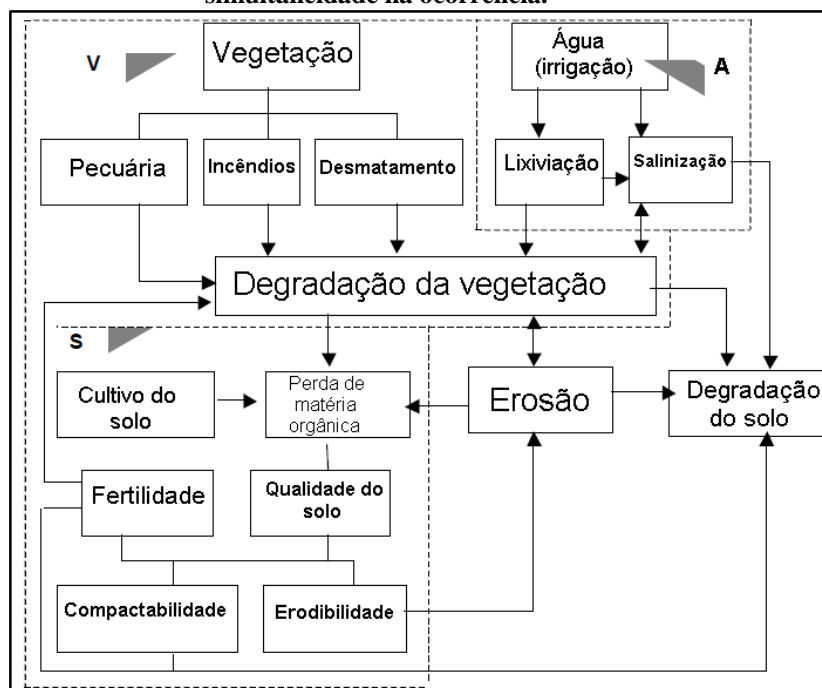
A esses tipos de degradação, Sampaio et.al. (2008) afirmam estarem condicionados as características determinantes dos processos de erosão, compactação e encrostamento, sendo elas, a topografia, profundidade, permeabilidade, textura e fertilidade. Tais processos observados na paisagem funcionam como indicadores biofísicos da desertificação. Voltados a realidade brasileira nas ASD, esses indicadores são listados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CCGE, 2016) em: cobertura vegetal, perda da produtividade, estoque de carbono no solo, erosão, salinização e alcalinização dos solos, perda de matéria orgânica e fertilidade, espessura, encrostamentos e afloramentos rochosos, compactação, capacidade de retenção dos solos e escoamento superficial.

Concebidos os processos da desertificação, parte-se da degradação física, a ser analisado o indicador compactação e adensamento do solo e seus reflexos negativos na perda da capacidade de infiltração, percolação e armazenamento de água, com implicações diretas na biomassa vegetal, atribuída grande responsabilidade a percepção da desertificação em determinada área. A degradação do solo e sua relação com a desertificação é elucidada pelo estabelecimento das condições que possibilitam a ocorrência dos processos característicos do antropismo predatório, termo usado por Brasil (2004) para definir o desgaste do solo pela alta intensidade de uso, superior a capacidade de suporte, uma vez que ultrapassado esse limite é aumentada a possibilidade de instauração da desertificação. O uso intensivo dos solos vinculado ao manejo inadequado, a pecuária extensiva na vegetação nativa com histórico de desmatamento são as causas recorrentes de degradação nas áreas semiáridas, tal como exposto na figura 2.

Parente & Parente (2010; 2011) apontam os efeitos nocivos nas propriedades físico-químicas do solo representados pela compactação durante períodos chuvosos e desagregação durante períodos secos, além do empobrecimento da composição florística da vegetação nativa, nesse último caso, proporcional a maior ou menor palatabilidade como forragem aos animais sobre o regime de pecuária semi intensiva ou intensiva nas regiões semiáridas. Tal sistema é caracterizado pela incompatibilidade de oferta forrageira a lotação dos animais, com efeitos nocivos ao desenvolvimento dessas plantas, estabelecendo assim um déficit permanente, uma vez que quando estão submetidas ao stress hídrico são pastadas restando poucas condições de recuperação. Os efeitos negativos são também estendidos ao solo, pois a serapilheira é geralmente usada como forragem, o que além de deixar o solo exposto, interrompe o ciclo de

incorporação de matéria orgânica no solo, responsável pela estabilidade física e fertilidade do mesmo.

**Figura 1. Processos da degradação do solo induzidos pelo homem-interconectividade e simultaneidade na ocorrência.**



Fonte: adaptado de Katyal et al. (2000)

A respeito dos processos erosivos, estes são uma forma de degradação ativa dentro dos núcleos de desertificação, o qual o Cariri paraibano tem representatividade. Melo (2000) citado por Brasil (2004), afirma que se acentuam no início do período chuvoso quando a vegetação caducifólia da Caatinga ainda está desprovida de folhagem, não protegendo o solo das chuvas torrenciais e eventualmente concentradas, causadoras do escoamento superficial e possivelmente erosão laminar. Não se restringindo aos períodos chuvosos, nos períodos de seca, de duração de 6 a 7 meses, o solo permanece exposto a ação esterilizadora da insolação, queima da matéria orgânica e erosão eólica.

Conforme Lacerda (2007), o solo é composto por três fases: sólida, que compreende a matéria mineral e orgânica; fase líquida, chamada pelo autor de solução do solo que consiste na água e materiais nela dissolvidos: minerais e moléculas orgânicas retidas nos macros e microporos, sendo a fase gasosa respectivamente os gases contidos nos poros que não estão saturados. Assim como todas as partes interagem entre si, conferindo as características próprias do solo, como sua estabilidade e fertilidade, as relações da parte física resultam na agregação representada pelos micros e macroagregados; a começar pela formação dos complexos organominerais. Igualmente, a matéria orgânica no solo está presente em três fases apontadas por Roscoe et al. (2006), começando pela matéria orgânica transitória perpassando pela

humificada e a biomassa, a primeira; composta por resíduos de plantas de fácil decomposição e materiais produzidos pela microbiota e rizosfera, exsudatos, como ácidos e polissacarídeos, a segunda composta por materiais já transformados como ácidos húmicos, fúlvicos e carbonizados, por fim a biosfera; a parte viva do solo, representada pela micro, meso e microbiota do solo.

Lal e Shukla (2004) explicam o termo porosidade como aquele usado para designar os espaços vazios do solo, relacionado a outras terminologias que designam a natureza física como o tamanho, distribuição e também a origem: canais, biocanais e bioporos ou macroporos, rachaduras, fissuras e fraturas. Devido sua importância nos processos físicos, biológicos e bioquímicos do solo, os quais são reguladores da qualidade do mesmo, além do comportamento altamente dinâmico dos poros num perfil de solo, os quais mudam em questão de centímetros dentro de um único perfil, a perda ou redução da porosidade, continuidade dos poros e conectividade das camadas subjacentes com a atmosfera de forma a prejudicar o transporte de gases e fluidos se revelam como altamente prejudicial. Duas são as classes de fatores reguladores da natureza dos agregados e dos poros em termos de continuidade e tamanho, citados pelos autores: os endógenos e os exógenos, sendo este último de efeitos mais notáveis: o clima através dos períodos de chuva e seca, degelos e as atividades de manejo de solo ligadas à agricultura.

Os poros mais afetados pelos fatores exógenos dispostos em sequência são os macros, mesos e microporos, os quais compartilham os mesmos processos físicos de origem, os principais; fraturas de contração e desenvolvimento dos pelos radiculares e hifas fúngicas. Um tipo de poro pode originar outro através da criação de novas conexões, sedimentação e colapsos, logo, através de um colapso, um macroporo pode originar um mesoporo e através da conexão entre microporos, mesoporos podem surgir. Os microporos são os menos impactados numa possível compactação, uma vez que sempre seriam gerados pela alteração física dos macros e mesoporos.

Quanto a classificação dos poros, Lal e Shukla (2004) apresentam uma classificação mais ampla, diferente da trabalhada pelos autores anteriormente apresentados na referente pesquisa. Tomando como base Kay (1997) e Greenland (1977), os autores expõem e correlacionam a padronização de tamanho com a funcionalidade. Além dos micros e macros, os mesoporos são considerados. De acordo com os respectivos autores, os microporos são aqueles menores que 0.2  $\mu\text{m}$  (micrômetros), enquanto os meso e macroporos são aqueles entre 0.2 e 30  $\mu\text{m}$  e maiores que 30  $\mu\text{m}$ . Quanto a funcionalidade, aqueles menores que 0.005 $\mu\text{m}$  são **poros de ligação** que

suportam as principais forças entre as partículas do solo, os menores que  $0.5\mu\text{m}$ ; **poros residuais** responsáveis pela retenção e difusão de íons em solução, entre  $0.5$  e  $50\mu\text{m}$ ; **poros de armazenamento** de água, entre  $50$  e  $500\mu\text{m}$ ; **poros de transmissão e drenagem** de água e maiores que  $500\mu\text{m}$ ; **fissuras**. Na classificação de Coelho Netto (1994), os poros com diâmetro inferior a  $0,2\text{ mm}$  ( $200\mu\text{m}$ ) são denominados de microporos e os de diâmetro superior de macroporos.

Nota-se uma unanimidade quanto a definição e efeitos da compactação do solo por parte dos autores trabalhados, também chamada de adensamento, processo distinto conforme outros. Moraes (2002); Lal e Shukla (2004); Casagrande e Soares (2007); Da Silva et al. (2007); Do Amaral Figueiredo et al. (2010); Brady e Weil (2013), afirmam ser a redução de volume do solo, alteração das propriedades básicas; diminuição dos micro e macroporos através do rearranjo das partículas, aumento da densidade, diminuição da porção de solo explorável pelas raízes, diminuição da aeração e capacidade de trocas gasosas, capacidade de infiltração, percolação, (teor volumétrico de água) e movimentação da água livre, características desse processo de degradação inicialmente física que depois se revela de natureza química e biológica, por afetar o desenvolvimento dos perfis do solo e da microbiota.

De efeitos similares, Da Silva et al. (2007), distinguem a compactação de adensamento, mesmo o segundo em termos físicos sendo participante e característico do primeiro. Para esses autores, a compactação é resultado da aplicação de pressão sobre o solo através da ação antrópica por meios mecânicos, enquanto o adensamento é resultado de processos físicos e químicos relacionados a causas naturais. Porém as causas antrópicas não são descartadas pelos autores, assim pode-se entender que o primeiro se dá através de maquinário possivelmente agrícola, enquanto o segundo por meio de pisoteio animal ou ação da precipitação em um solo com estrutura frágil, esta deficiente em matéria orgânica. Enquanto para Lal e Shukla (2004), o termo compactação refere a um processo que resulta na redução do volume de solo por meio de uma compressão exercida por uma força aplicada por uma carga externa em um solo insaturado, diferente do adensamento ou consolidação, que se dá em um solo num estado de saturação. Outros dois termos correlacionados são explanados pelos autores: compressibilidade e compactabilidade. O primeiro refere-se à resistência do solo a compactação, enquanto o segundo, a capacidade de compactação que um solo pode suportar em certas condições de humidade.

Assim como outra forma de degradação, a compactação/adensamento tem seu grau aferido por indicadores que são apontados por Da Silva et al. (2007) sendo eles notáveis pelos

aspectos físicos relacionados a proporção dos espaços porosos em relação as partículas de solo, a distribuição dos mesmos, a orientação e geometria das partículas. Quanto aos fatores condicionantes da compactação e magnitude de deformação, o teor de humidade se apresenta como de grande responsabilidade junto a textura e matéria orgânica presente no solo, assim a compactação é notada em humidade e a desagregação em secura, uma alternância notada em ambientes com presença de pisoteio animal (PARENTE e MAIA, 2010; 2011).

Apontados por Le Houérou (1996), os efeitos da compactação do solo, o qual influencia e é influenciado pela matéria orgânica, também se estendem a composição química do mesmo, tendo como ponte a atividade biológica da micro, meso e macrofauna que depende de uma aeração ótima para seu desenvolvimento. A isso é atribuído a incorporação do que chama de “elementos geobiogênicos”, sendo: Nitrogênio, Fósforo, Enxofre, Cálcio, Sódio, Magnésio, Ferro, Cobre, Zinco e Carbono. Em termos de mudanças de propriedades do solo, no seguinte caso, nocivo, relacionado a perda de matéria orgânica e diretamente relacionado aos processos químicos está a diminuição da capacidade de troca de cátions (CTC). Conforme Casagrande e Soares (2007), a matéria orgânica também atua na diminuição da toxidez de poluentes. Da Silva et al. (2007) acrescentam a variável saturação por bases, responsável por solos eutróficos, distróficos, hálicos e ácidos, acompanhada pela presença de óxidos de ferro, silício e possível saturação de alumínio.

Os correlacionados termos básicos necessários a compreensão da condutividade hídrica de um solo: infiltração e percolação, são tecnicamente explicados por Brady e Weill (2013, p.165): “O processo pelo qual a água entra nos espaços porosos do solo (e se transforma em água do solo) é denominado infiltração, e a taxa na qual a água nele penetra é denominada infiltrabilidade [...]”, sendo a percolação a movimentação da água no perfil que ocorre nos fluxos saturados e não saturados.

A capacidade de infiltração do solo mantém uma relação proporcional com a erosão. Em termos de matéria orgânica e sua interação com a fração mineral e estrutura: o agregado, este por definição trata-se do produto da interação das propriedades física, química e biológica das partículas do solo, o mesmo é composto pela fração mineral em suas granulometrias, areia, silte, argila além da matéria orgânica que com seus polímeros e cátions polivalentes compõem as forças de agregação. Na composição dos agregados também participam as hifas fúngicas, entre os condicionantes do desenvolvimento dos agregados por parte da fração biológica do solo, estão a temperatura, umidade e acidez do solo (SILVA; TORMENA; IMHOFF, 2002).



Solos com boa agregação apresentam maior porosidade e melhor infiltração, assim como solos pouco permeáveis de baixa infiltrabilidade favorecem o escoamento superficial e a erosão. Solos arenosos sobressaem em termos de infiltração em relação aos argilosos, isso se dá pela macroporosidade dos arenosos e pela microporosidade dos argilosos, os primeiros tem maior condutividade hídrica saturada (BRADY e WEIL, 2013), ao passo que o maior número de macroporos nos solos arenosos é justificado pelo maior tamanho de suas partículas quando comparados aos argilosos, em termos de estrutura, a presença de pequenas partículas como as argilas contribuem para a formação de agregados, produto da adesão de partículas pequenas na formação de maiores (LACERDA, 2007). Se pensarmos em termos de velocidade da água no perfil de solos dessas diferentes composições, uma vez que os solos argilosos possuem menores partículas e respectivamente menores poros, denominados de capilares, a força de atrito oferecida dentro desses poros a água que percola é maior se comparada aos solos arenosos, logo a ascensão capilar, além da percolação é mais lenta, a primeira é maior nos argilosos e a segunda garante uma maior permanência da água em solos desse tipo (PEREIRA; ALMEIDA, 2013).

O comportamento da água no meio poroso está submetido basicamente a duas forças: a atração capilar e a força gravitacional e a duas condições: em saturação e não saturação (COELHO NETTO, 1994; BRADY e WEILL, 2013). Conforme os primeiros autores, sob influência da gravidade a água percolará, enquanto sob influência da atração capilar, a água se movimentará em todas direções, principalmente para cima, tal força aumenta na medida em que o diâmetro dos poros reduzem, assim, a movimentação da água é produto dessas forças que agem uma sobre a outra mutualmente. Em saturação, os poros permitem uma maior movimentação de água, fisicamente explicado pela formação de películas de água que revestem o interior dos poros, as moléculas de água tendem a “deslizar” uma sobre a outra, não exercendo forte atração sobre as demais. No solo seco, a água ficará fortemente retida dentro dos microporos, de difícil absorção para as plantas. Em termos de energia, a diferença entre essa água presente no solo e uma água referencial com propriedades (temperatura e pressão e viscosidade) não afetadas pelo solo, chama-se: potencial da água, composta por várias forças relacionadas: gravitacional, matricial, osmótica e hidrostática submersa.

Tais forças podem ser compreendidas de forma sucinta em termos de pressão e forças de atração. As forças de atração, resumem se em atração aos sólidos, através da adesão de moléculas de água, além da atração de íons e solutos a água, com redução de energia em superfícies e em solução. A pressão pode ser resultante do potencial gravitacional com relação a um ponto determinado, acima dele sempre positivo e abaixo dele negativo, a pressão também

é presente no potencial hidrostático, melhor explicado pelo peso da água sobre um solo saturado, também presente na forma negativa, gerada pela força de atração a sólidos, já descrita.

Outros fatores são determinantes para o equilíbrio entre infiltração e escoamento, o tempo de ocorrência, intensidade e a concentração das precipitações; a vegetação; inclinação do terreno e a presença de camadas impermeáveis como os fragipãs e pãs argilosos. Altas precipitações com intensidade e duração distribuídas em dias são favoráveis, pois o solo tem o tempo necessário para percolar a água para as camadas subjacentes e infiltrar as precipitações seguintes, qualquer precipitação que exceda a capacidade de infiltração em termos de tempo necessário ou estrutura do solo, acaba resultando em escoamento e com isso as mais diversas erosões, a declividade acentuada favorece o escoamento, enquanto as camadas impermeáveis prejudicam a infiltração, mesmo que a camada subjacente apresente boa porosidade.

Sendo um fator determinante para a infiltrabilidade dos solos, a vegetação exerce um papel de interceptar a precipitação que incidiria diretamente no solo, além de agir diretamente protegendo os solos da ação desagregadora, a mesma através da biomassa vegetal fornece o material que compõe a serapilheira ou camada de liteira que age como uma proteção secundária do solo, anteriormente mencionada. Lima (2008) define a interceptação como um processo de retenção da água das chuvas inicialmente pelas copas das árvores, que redistribui o fluxo através de gotejamento, escoamento pelo tronco e evaporação direta.

A água propriamente disponível ao solo e aproveitável as plantas se dá através do mecanismo de atravessamento da chuva e escoamento pelo tronco (TUCCI e CLARKE, 1997). O comportamento da água após a precipitação obedece a sequência descrita por Coelho Netto (1994), em interceptação pela copa com posterior perda por evapotranspiração seguida pelo atravessamento em casos de alta demanda de precipitação que atravessa os espaços vazios e escoamento pelo tronco, notavelmente o atravessamento da precipitação está submetido a fitofisionomia local. Após o atravessamento e escoamento pelo tronco, a água que será disponibilizada as frações minerais do solo tem que atravessar mais um obstáculo antes que se perca por evaporação: a serapilheira, essa água é chamada de precipitação terminal.

Tentando entender o comportamento das chuvas em uma área de Caatinga tipicamente arbustiva-arbórea com vegetação esparsa devido intervenções humanas, de forma a deixar ilhotas de vegetação intercaladas por manchas de solo desprotegido com tendência a posterior expansão e unificação, pode se afirmar que em precipitações concentradas será alto o atravessamento por entre os espaços das folhas e galhos, inversamente proporcional a interceptação pela copa, esta, a não demorar a ser perdida pela evapotranspiração devido as

altas temperaturas, quanto ao fluxo de tronco e gotejamento, ambos devem apresentar valores ínfimos uma vez que a maioria da água atravessaria a vegetação de forma direta, a água retida pela copa que deveria ser distribuída entre a transpiração e o gotejamento, em último caso apenas quando fosse vencida a tensão superficial foliar, o fluxo do tronco seria efetivo apenas enquanto durasse a precipitação, tal fluxo seria também inversamente proporcional à altura da árvore; quanto maior a árvore, menor a quantidade final de água pelo fluxo, que também estaria sujeito a rugosidade da casca.

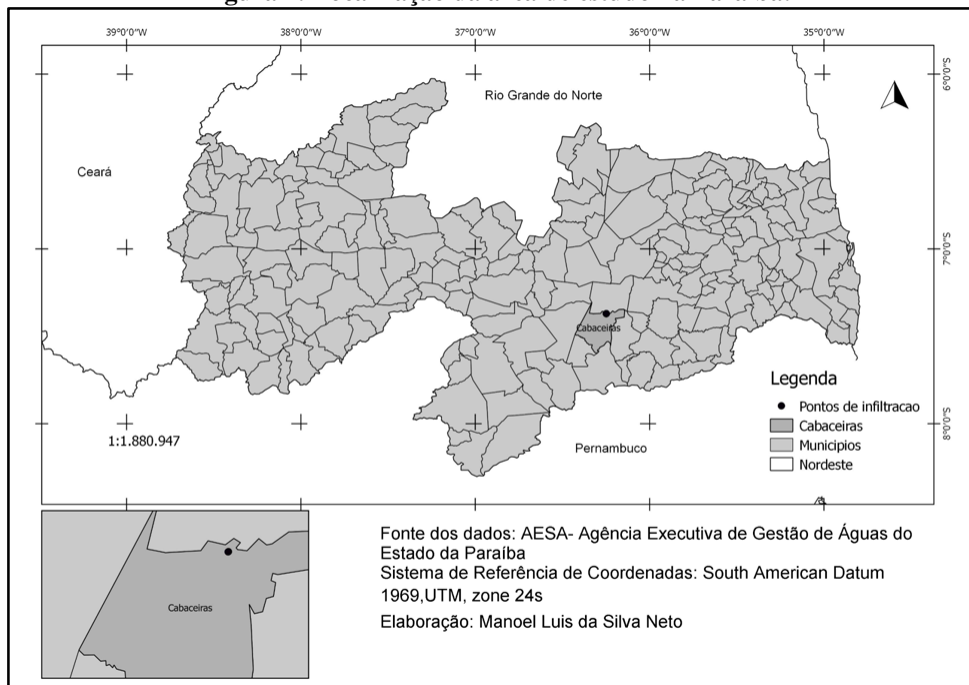
#### **4. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo insere-se no Nordeste brasileiro, na região do Cariri paraibano, mais precisamente no município de Cabaceiras, o qual possui uma área de 405,40km<sup>2</sup> e é delimitado pelas coordenadas geográficas: 7°21'32,68" e 7°36'04,86" de Latitude Sul e 36°11'36,54" e 36°26'17,48" de longitude Oeste (Figura 1).

Trata-se de uma região de notável contribuição para a compreensão dos processos envolvidos no fenômeno da desertificação, devido as pesquisas já desenvolvidas. Conforme o documento: Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002) este, resultado do seminário de planejamento ecorregional do bioma em questão, sediado em Pernambuco em 2001 através da parceria da instituição The Nature Conservancy do Brasil (TNC) e da ONG Associação Plantas do Nordeste (APNE) com as contribuições anteriores da EMBRAPA, Zoneamento Agroecológico do Nordeste (ZANE) e Ministério do Meio Ambiente (MMA) no levantamento de dados sobre o bioma e a região. O Cariri paraibano está inserido na ecorregião Depressão Sertaneja Setentrional, a qual compreende territorialmente além da fronteira norte do estado de Pernambuco, os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e uma pequena porção do Piauí, ocupando uma área de 206.700 Km<sup>2</sup>. Por estar inserida numa área de extensas planícies baixas de relevo suave-ondulado com elevações residuais representadas por afloramentos de rochas como Granitos e Gnaisses na forma de blocos desagregados e inselbergs, popularmente conhecidos por lajedos, é caracterizada juntamente com a Depressão Sertaneja Meridional como representante da mais típica paisagem do semiárido nordestino. O clima dessa ecorregião é quente e semiárido, enquanto a irregularidade pluviométrica culmina tanto em deficiência hídrica por vários meses quanto em concentração de precipitações, ficando as médias anuais entre 500 e 800 mm, com extremos no Cariri paraibano, área mais seca da Caatinga, devido a barreira geográfica do Planalto da Borborema,

onde temos entre 300 a 400 mm/ano e temperaturas médias anuais em torno de 24,5° (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002; SOUSA, R. F. et al., 2007).

**Figura 2. Localização da área de estudo na Paraíba.**



**Fonte: Elaborado pelo autor**

Quanto a caracterização da área de estudo, passando da microrregião do Cariri ao município de Cabaceiras (sede da pesquisa), o mesmo, conforme Vasconcelos Sobrinho (2002) estaria inserido num núcleo de desertificação classificado como uma das seis “áreas piloto” propostas para o desenvolvimento de pesquisas sobre desertificação em nível local. A área piloto em questão é a de número 5, denominada: Área piloto dos Cariris Velhos, na qual também estão inseridos os municípios de Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Camalaú e os vizinhos, com uma área afetada de 2.805 km<sup>2</sup> com 44.877 habitantes conforme o censo do IBGE de 2010. (PEREZ-MARIN et al., 2013).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização da pesquisa, em um primeiro momento foi levantada e consultada a bibliografia específica, sem a qual não poderia ser possível o embasamento necessário à discussão sobre o tema, seguindo pela realização do experimento em campo para obtenção de dados com posterior tratamento e interpretação dos mesmos.

A pesquisa de campo para realização dos testes de infiltração de água nos solos foi realizada no dia 11 de junho de 2015.

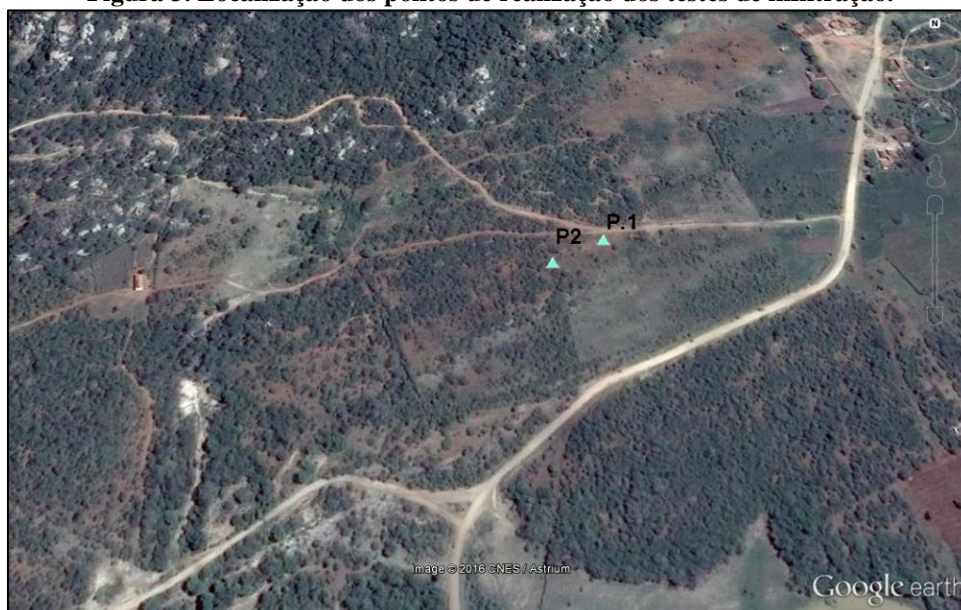
A área de realização dos 2 testes é caracterizada pelo histórico de forte antropismo sobre a vegetação e solo. O uso do solo, responsável pelo atual estado de degradação, está ligado historicamente a extração vegetal e prática da pecuária. De acordo com o estudo de caso feito por Souza et al. (2007), a diminuição da cobertura vegetal no município está relacionada a extração de lenha e consumo da mesma pelo setor da panificação e produção de cerâmicas vermelhas em olarias instaladas ao longo dos rios; um outro impacto ao solo e a vegetação seria a mineração.

Quanto aos pontos de coleta de dados, foram efetuados em dois locais pertencentes à mesma área, porém o fator levado em consideração para realização de ambos foi, uma área correspondente a solo totalmente exposto, ou seja, com supressão total da vegetação e uma área de solo com presença de vegetação esparsa, ainda assim degradada, distantes 53 metros entre si, conforme segue:

**Ponto 1: solo totalmente exposto:**  $7^{\circ} 22' 14.118''$  S e  $36^{\circ} 14' 52.147''$  O;

**Ponto 2: Solo exposto presença de vegetação esparsa:**  $7^{\circ} 22' 15.007''$  S e  $36^{\circ} 14' 53.771''$  O

**Figura 3. Localização dos pontos de realização dos testes de infiltração.**



**Fonte: Google Earth**

A área em questão corresponde a um terreno com pavimento detrítico, solo raso e compactado, com deficiência de infiltração e sob maior influência de processos de degradação física em função da baixa decomposição química devido à escassez de humidade, responsável por restrições a sua utilização pela agricultura, mesmo podendo possuir boas condições mineralógicas ao desenvolvimento das plantas.

O experimento realizado consiste no teste de infiltração, onde foi utilizado o infiltrômetro a simples anel, idealizado por Hills (1970) e adaptado por Guerra (1996). Tendo os pontos para

teste pré-definidos, o experimento sucedeu da seguinte forma: o cilindro metálico de 10 cm de diâmetro e 15 cm de altura que compõe o infiltrômetro, foi fixado no solo a profundidade de 5cm com o auxílio de um martelo e uma base de madeira acomodada acima do cilindro para evitar o choque direto do martelo, logo após, foi fixado uma régua de 10 cm dentro do cilindro com o auxílio de uma presilha.

O teste teve início com o preenchimento do cilindro com água. As medições consistiram nos centímetros verificados na régua anexada no interior do cilindro, correspondentes a profundidade em que a água infiltrou no solo, inicialmente as medições foram feitas a cada 30 segundos até o segundo minuto, a partir daí; as medições foram feitas a cada minuto até o fim do experimento, encerrado aos 30 minutos. Os valores cotados em centímetros ao longo do tempo em minutos no experimento, consistem no nível de água, representado por: h (cm).

As recargas foram realizadas cada vez que a água infiltrava 5 centímetros, sendo indicadas na planilha de campo com um asterisco no exato momento, minuto (') ou segundo ("). Ao tabular os dados no software Excel do Office 2013, nos casos em que houveram recargas em minutos e segundos, exemplo: 5'10" (\*), os valores foram considerados, porém tabulados juntos ao minuto ao qual pertence, registrado como 5 (cinco) na tabela, (coluna, nível de água), uma vez que o valor segundos antes, por exemplo: valores entre 5 minutos e 5 minutos e 10 segundos, já estariam sendo considerados pelo princípio de continuidade de tempo.

Uma vez feita a recarga do cilindro, o valor do nível de água h (cm) do minuto seguinte não foi subtraído pelo anterior para a obtenção da Lâmina infiltrada no instante ( $\Delta h$ ) a fim de que não fossem gerados valores negativos:  $\Delta h = \Delta h_2 - \Delta h_1 \dots$  O valor do Nível de água (h) em centímetros foi repetido na coluna da Lâmina Infiltrada.

O processo foi repetido para cada valor inferior ao anterior sem prejuízo ao cálculo da Infiltração acumulada ( $\Sigma \Delta h$ ) e velocidade de infiltração ( $v_i$ ). A obtenção de infiltração acumulada se deu pela soma de todas as lâminas infiltradas anteriores até o momento:  $\Sigma \Delta h = \Delta h_2 + \Delta h_1 \dots$  A velocidade de infiltração representada por ( $v_i$ ) foi obtida pela divisão da Infiltração acumulada ( $\Sigma \Delta h$ ) em centímetros, pelo tempo acumulado ( $\Sigma \Delta t$ ) em minutos.  $V_i = \Sigma \Delta h / \Sigma \Delta t$ . Também foram gerados os dados de infiltração em mililitros, através do cálculo do volume do cilindro:  $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ . Admitindo:  $\pi$ : 3,14;  $r = 5$  (10/2). A altura do cilindro variou conforme o nível de infiltração medido na régua, os quais foram somados.

De acordo com o método adotado por Costa da Silva (2012) nos testes de infiltração realizados no município de Itapororoca- PB, para a obtenção do nível de água infiltrado no exato momento de recarga ao atingir 5 cm na régua do cilindro, aplicava-se a seguinte fórmula:  $5 - v_{ir} + v_{ts} = t_{tr}$ , onde:  
5 = Valor em cm em que há a recarga do cilindro;

vir = Valor de infiltração no tempo de recarga (\*);

vts = Valor no tempo seguinte;

ttr = Total infiltrado no tempo de recarga.

A justificativa da metodologia fundamenta-se na necessidade de geração de uma linha contínua de infiltração, onde o tempo gasto na recarga do cilindro fosse igualmente computado no experimento, mesmo que hipoteticamente, uma vez admitindo a incerteza da real infiltração caso fosse dada continuidade ao experimento. A aplicação do método de Costa da Silva (2012) na referente pesquisa que apresentará como resultados os valores do nível de água, lâmina infiltrada, infiltração acumulada e velocidade de infiltração, foi impossibilitada, pois o valor seguinte a recarga, na coluna do nível de água, seria computado duas vezes na coluna da lâmina infiltrada, no exato momento da recarga (o mesmo seria repetido na condição de ser inferior ao anterior para não gerar valores negativos subsequentes) e mais uma vez no momento seguinte.

Para geração dos gráficos, inicialmente os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas do software Excel do Office 2013, seguindo as orientações metodológicas propostas por Guerra (1996), onde o eixo horizontal represente o tempo, enquanto o vertical representa o total de água infiltrada a cada momento. Foram gerados gráficos de velocidade de infiltração e infiltração acumulada para os dois pontos descritos.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como meio para alcançar o objetivo específico da pesquisa, proposto anteriormente, foi feita a análise dos dados obtidos em campo através do experimento, igualmente descrito no procedimento metodológico, bem como a devida localização.

Os dados obtidos pelos experimentos realizados em 2 pontos foram confrontados através dos produtos elaborados: gráficos de infiltração acumulada e velocidade de infiltração. Quanto a interpretação dos gráficos, as linhas de infiltração e velocidade são apresentadas de forma contínua ao longo do experimento, mesmo após as recargas, com a justificativa de que não fossem gerados gráficos partindo novamente de 0,0 cm ou um valor aproximado, devido à baixa capacidade e velocidade de infiltração.

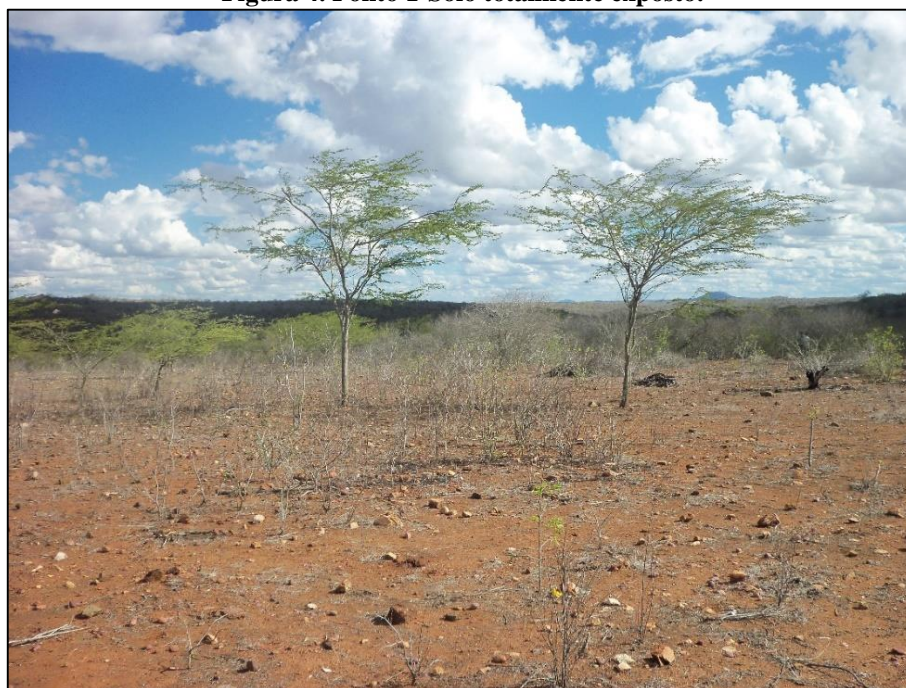
Nos gráficos de apresentação da infiltração acumulada (soma sequencial da variação de infiltração a cada minuto até o fim do experimento) a representação parte de 0,0 cm, apresentando apenas o crescimento em função do tempo, de forma semelhante aos gráficos de velocidade, estes últimos, tem sua efetiva representatividade a partir do primeiro momento de velocidade diferente de zero e representam um aumento com posterior diminuição e ou



estabilização. A análise conjunta de infiltração acumulada e velocidade é necessária para tentar aferir o momento de saturação do solo, o qual pode não ser representado com precisão em função do curto tempo do experimento, uma vez que o solo poderia continuar a infiltrar e percolar água, caso não fosse interrompido.

O primeiro ponto onde foi realizado o teste, localiza-se numa área totalmente exposta, sem qualquer cobertura vegetal expressiva ou horizonte orgânico e muito compactado, observável nas gretas ao lado do cilindro, feitas quando fixado ao solo.

**Figura 4. Ponto 1-Solo totalmente exposto.**



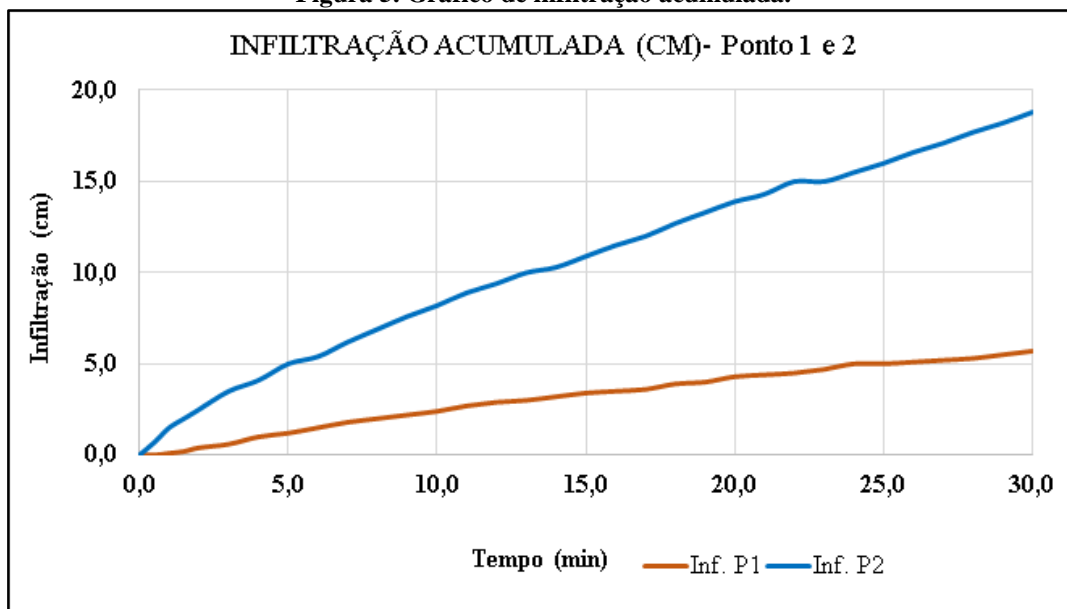
**Fonte: Acervo pessoal**

Ao longo do teste, apenas uma recarga foi realizada no minuto 24. A infiltração acumulada total medida no cilindro foi 5,7 centímetros; o equivalente a 397,9 ml e foram necessários 4 minutos até que a infiltração atingisse sua velocidade máxima: 0,3 centímetros por minuto com uma rápida redução e retorno da velocidade no sexto, mantendo-se constante até o oitavo minuto, a partir de onde houve uma leve redução mantendo-se constante novamente até o final do experimento, conforme pode ser observado na figura 5. Devido à presença de vegetação no segundo ponto, onde foi constatado uma pequena quantidade de matéria orgânica recobrando o solo de forma esparsa, possivelmente relacionada a facilitação da presença de algumas herbáceas, comparado ao primeiro teste; foram realizadas mais 2 recargas, nos seguintes momentos: 5, 13 e 22 minutos. A infiltração acumulada total do experimento atingiu a marca de 18,8 cm equivalente a 1.475,8 ml, foi necessário apenas 1 minuto para atingir a velocidade máxima de infiltração do experimento: 1,5 cm por minuto. A partir do minuto 6 até



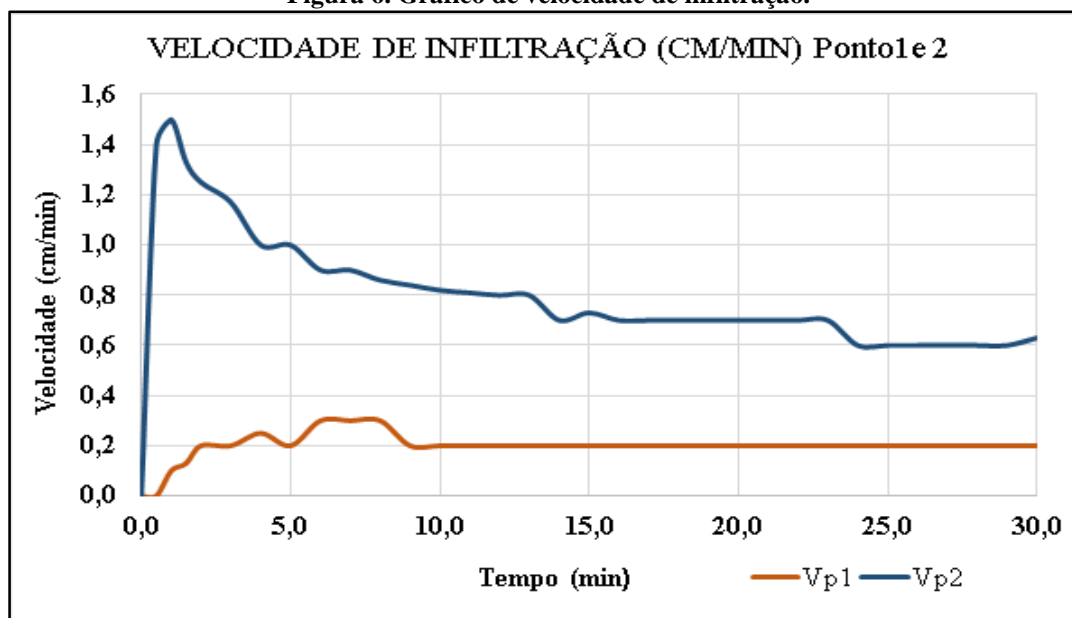
o fim do experimento houve uma tendência a estabilização da velocidade com leves reduções de 0,1 cm, cada vez mais lentas entre os minutos: 6, 9, 14 e 24, respectivamente: 0,9; 0,8; 0,7 e 0,6 cm/min.

Figura 5. Gráfico de infiltração acumulada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6. Gráfico de velocidade de infiltração.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto 2 está exposto na figura 7 a seguir.

**Figura 7. Ponto 2: Solo exposto com presença de vegetação esparsa.**



**Fonte: Acervo pessoal.**

O comportamento da condutividade hídrica no ponto com cobertura vegetal, mesmo que efêmera, com marcas de xerofitismo, foi muito superior ao primeiro em todos aspectos examinados: infiltração acumulada, infiltração total em milímetros e velocidade de infiltração, possivelmente devido as raízes das árvores que facilitam o fluxo de infiltração, abrindo espaços para percolação da água, mesmo as camadas superiores apresentando considerável compactação e encrostamento. O fator de maior destaque para a manutenção das condições físicas do solo; ótimas a fixação e crescimento da vegetação na área; está na proteção contra a ação desagregadora da precipitação no período de chuvas, concedida pela efêmera vegetação com maior cobertura nesse período. A pouca matéria orgânica fornecida ao solo não possui condições suficientes para fornecer a proteção de uma camada de liteira, mesmo aumentando a rugosidade hidráulica do solo junto com os caules das árvores e até mesmo as rochas. Sua maior contribuição ao solo poderia estar relacionada a fertilidade do mesmo, o que deve ser investigado.

A presença de herbáceas entre as árvores é a resposta as melhores condições de infiltração do solo, menos compactado, além de um microclima mais propício a tal, devido a proteção direta dos raios solares e consequentemente a presença de vapor de água no solo, nas camadas mais profundas, que ao ser resfriado e reduzida a pressão, pode ascender e suprir as necessidades hídricas das plantas. As espécies identificadas no local foram: o pereiro (*Aspidosperma piryfolium*); jurema branca (*Chloroleucon dumosum*); marmeleiro (*Croton blanchetianus*), jurema vermelha (*Mimosa ophthalmocentra*), jurema preta (*Mimosa*

*tenuiflora*), catingueira (*Poincianella gardineriana*), quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) e Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*).

Em termos de infiltração acumulada em centímetros (figura 5), o segundo ponto infiltrou: 13 centímetros a mais que o primeiro, o equivalente a mais de 1 litro: 1.077,8 ml. Devido à maior capacidade de infiltração em função do tempo, foi necessário um tempo inferior para atingir a velocidade máxima de infiltração: 1,2 cm/min mais veloz, marcada no primeiro minuto do experimento, porém o início da redução de velocidade se deu de forma mais rápida e uniforme. Baseando-se nas reduções de velocidade constatadas a partir do sexto minuto: 6, 9, 14 e 24, com intervalos de tempo de 3, 5 e 10 minutos, respectivamente: 0,9; 0,8; 0,7 e 0,6 cm/min, subentende-se que seria necessário um tempo maior até que a velocidade diminuísse consideravelmente até alcançar um valor constante que representasse a saturação do solo, logo, do qual o primeiro teste mais se aproximou.

Tomando como referência o solo vegetado o qual mostrou ser portador de condições necessárias a uma capacidade de campo mais duradoura, presume-se uma maior água disponível às plantas num intervalo hídrico ótimo e maior quantidade de água retida no ponto de murcha permanente, uma menor restrição ao crescimento de raízes (observado superficialmente e constatado por uma maior presença de herbáceas locais), o que possivelmente resultaria numa maior pressão de pré-consolidação que um solo desnudo.

Tais fatores, dentro do sistema solo-planta, acabam por limitar o desenvolvimento da vegetação, todos diretamente relacionados a compressibilidade e a compactabilidade. Este último termo, chamado por Silva; Tormena e Imhoff (2002) de pré-consolidação. Conforme os autores, a água disponível às plantas (AD) dentro de um índice hídrico ótimo (IHO), estaria entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), sendo o primeiro (CC), referente a água do solo disponível às plantas num estado de drenagem negligenciável devido ao aumento da energia de retenção da água, com relação ao ponto de murcha permanente, o mesmo faz referência ao limite inferior de água disponível às plantas, estado no qual retiram umidade do solo com maior dificuldade até a murcha.

Por fim, a relação da vegetação com o solo é regida segundo suas condições de umidade e estrutura, dentre as quais os principais reguladores em um estado de estrutura adequada são a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente e num estado de alteração de estrutura física, neste caso a compactação do solo: a porosidade de aeração, (PA) e a resistência a penetração (RP).

## 7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados na pesquisa, foi constatado que as condições de condutividade hídrica de um solo se comportam de forma proporcional à sua cobertura vegetal, por fim, esta; reflexo da intervenção no ambiente, justificada por diversas finalidades econômicas e sociais.

O processo de desertificação, tal qual trabalhado, atribuída suma importância a gênese por meio do estabelecimento de relações desiguais de disponibilidade e exigência de recursos entre o bioma investigado: Caatinga, e o homem, é regido por condições próprias dentro de um sistema ambiental, no qual seus elementos se comunicam e mantêm condições de influência mútua, perceptível através da vegetação que influencia e é influenciada pelas condições edáficas locais.

Através do bioindicador compactação foi possível analisar a capacidade do solo de armazenar água disponível a manutenção da vegetação, esta reguladora das propriedades físicas, químicas, biológicas e climáticas do mesmo, através da ciclagem de matéria orgânica. Por meio da comparação da capacidade de infiltração, apontada como resultado de uma maior ou menor compactação do solo em dois pontos que diferem entre si pela presença ou ausência de cobertura vegetal, foi provado que mesmo tênue, um solo vegetado oferece condições apropriadas a eventual recomposição vegetal, consequentemente a recuperação de suas condições necessárias de suporte a vida, fator relacionado ao desenvolvimento da desertificação, diferente de um solo totalmente exposto com maiores chances de perdas por erosão. Logo, quanto maior o período de tempo de exposição de um solo desprotegido, menores serão as possibilidades do mesmo recuperar sua fertilidade, agregação e sua produtividade biológica.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. **Os sertões e a originalidade da terra.** Ciência Hoje. 3.18. 1985, p.43-62.
- ADGER, W. Neil. **Vulnerability.** *Global environmental change*, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.
- ADEEL, Zafar et al. **Ecosystems and human well-being: desertification synthesis.** World Resources Institute (WRI), 2005.
- ALMEIDA, D.C.; TAVARES, D.S; de JESUS, E. S. **Uma percepção do processo de desertificação no semiárido nordestino.** Geoplan.Fortaleza.2012.
- ARAÚJO, C.S. F; SOUZA, A. N. **Estudo do processo de desertificação na caatinga: Uma proposta de educação ambiental.** Study of the process of desertification in the Caatinga: a proposal for Environmental Education. *Ciência & Educação*, V.17, n.4, p.975-986, 2011.
- BRADY, N.C; WEILL, R.R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos.** 3º Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BRASIL. **LEI 9.690 de 15 de julho de 1998.** Dispões sobre a inclusão do Vale do Jequitinhonha do Estado de Minas Gerais e de municípios da região Norte do estado do Espírito Santo na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste- SUDENE. Diário Oficial, Brasília, p.1 de 16 de julho de 1998.
- BRASIL, **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca- PAN Brasil.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.
- CASAGRANDE, J.C; SOARES, M.R. Recuperação de Solos Degradados: Interação Solo-Planta. In: 58º Congresso Nacional de Botânica, 2007, São Paulo-SP. **A Botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais.** São Paulo-SP, 2007.V.01.p.53-57.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil.** Brasília, DF: 2016. 252p.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO: a **Agenda 21.** Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.
- CONAMA. **Biomass- diretrizes para manejo.** Resolução nº 238 de 1997.
- CONTI, J.B. **O conceito de desertificação.** CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 3, n. 2, 2009.
- COSTA, J.J.D. **Seca, pobreza e desertificação na Paraíba.** Saeculum- Revista de História. Nº. 8/9- Jan. /Dez./2002-2003. p. 117-142.
- DA SILVA, M.S. L.et al. **Adensamento e compactação de solos irrigáveis da zona semi-árida do Nordeste brasileiro.** Embrapa Solos/UEP Nordeste. Circular Técnica (2007).

DO AMARAL FIGUEIREDO, M. et al. **Compactação do solo em trilhas de unidades de conservação** (soil compaction in trails of conservation units). Revista Mercator, v. 9, n. 19, p. 165 a 174, 2010.

GOMEZ, G. **Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakeholders**, contract EVK2-CT-2001-00109. King's College, London. 2001.

HERE, F.K. et al. Desertificação: uma visão global. In: **Desertificação causas e consequências**. Lisboa: Fundação Caloute Gullbenkina, 1992. p.12-108.

KATYAL, J.C. et al. **Desertification: concept, causes and amelioration**. ZEF-Discussion Papers on Development Policy-Center for Development Research, Univ. Bonn (Germany), n. 33, 2000.

LACERDA, F.C, de. **Relações solo-água-plantas em ambientes naturais e agrícolas do Nordeste brasileiro**. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

LAL, Rattan; SHUKLA, Manoj K. **Principles of soil physics**. CRC Press, 2004.

LE HOUÉROU, H. N. **Climate change, drought and desertification**. Journal of Arid Environments, v. 34, n. 2, p. 133-185, 1996.

LIMA, R.C.C; CAVALCANTE, A. M.B; PEREZ-MARIN, A. M. Balanço de carbono no semiárido brasileiro: perspectivas e desafios. In: GIONGO, V. **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande-PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p.:115-130.

LIMA, W. P. Interceptação da chuva pela floresta. In: **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba-São Paulo, 2008.p.87-101.

MMA-SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. 3ª Edição.

MORAES, M.H. Intervalo Hídrico Ótimo. In: SILVA, A.P; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo: sistema de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal-SP, 2002. p.1-18.

NASCIMENTO, F.R.**O fenômeno da desertificação**. Goiânia: UFG, 2013.

PARENTE, H. N; MAIA, M. O. **Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no semiárido**. Revista Trópica, Chapadinha, v. 5, n. 3, p. 3-15, 2011.

PEIXOTO, A.L; LUZ, J.R.P; BRITO, M.A.de. Caatinga: diversidade na adversidade do semiárido brasileiro. In: GUSMÃO, L.F.P. et. al. **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: Editora Vozes, 2016. p. 100-111.

PEREIRA, A.M; ALMEIDA, M.I. **Degradação ambiental e desertificação no semiárido mineiro: um estudo sobre o município de Espinosa (MG)**.2013.

PEREZ-MARIN, A.M. et al. **Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?** Parcerias Estratégicas, Brasília-DF v. 17, n. 34, p. 87-106, 2013.

PINTO, M. S; CAVALCANTE, M. A. B; Andrade, M. V. M. (2006) **Potencial forrageiro da caatinga, fenologia, métodos de avaliação da área foliar e o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de plantas**. Revista Electrónica de Veterinária REDVET®, 7(4): 1- 11.

PROGRAMA DE AÇÃO ESTADUAL DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA SECA NO ESTADO DA PARAÍBA: PAEPB/ IICA; SCIENTEC – João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente, 2011.144p.

REED, M; STRINGER, L. C. **Climate change and desertification: Anticipating, assessing & adapting to future change in drylands**. Agropolis International, 2015.

SAMPAIO, E. V. S. B. et al. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Ed. Universitária da UFPE, 2003.

SAMPAIO, E. V.S.B; ARAÚJO, M.S.B; SAMPAIO, Y.S.B. **Propensão à desertificação no semi-árido brasileiro**, Revista de Geografia (Recife), v. 22, n.2, p. 59-76,2008.

SANTANA, M. O. (Org). **Atlas das áreas susceptíveis a desertificação do Brasil /MMA**. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, MMA, 2007.

SOUZA, B.I. de. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar a desertificação**. 2008. Tese (doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRS, Porto Alegre, 2008.

SOUSA, R. F. et al. **Estudo do Processo da Desertificação e das Vulnerabilidades do Município de Cabaceiras – Paraíba**. Rev. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 89-102, jan/jun. 2007.

TUCCI, C.E.M; CLARKE, R.T. **Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento**: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

VELLOSO, A. L; SAMPAIO, E. V. S. B; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga**. Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental. The Nature Conservancy do Brasil, Recife, 2002.

TEIXEIRA, A. J; DA CUNHA, S.B. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: COELHO NETTO, A.L. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.1994.

UNCCD. **Desertification: the invisible frontline**. 2014.

UNCCD. **Land Degradation Neutrality: resilience at local, national and regional levels**. 2014.

VASCONCELOS SOBRINHO, João. **Desertificação no Nordeste do Brasil**. Recife: Fadurpe / UFRPE. 2002.

WCED, U. N. **Our common future**. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, 1987.

## 9. APÊNDICES – Leitura dos testes de infiltração

<b>PONTO 1- SOLO DESNUDO</b>				
<b>Tempo</b>	<b>Nível de água</b>	<b>Lâmina Infil.(cm)</b>	<b>I.acumu. (cm)</b>	<b>Vi (cm/min)</b>
0	-	-	-	-
0,5'	0,0	0,0	0,0	0,0
1'	0,1	0,1	0,1	0,1
1,5'	0,2	0,1	0,2	0,1
2'	0,4	0,2	0,4	0,2
3'	0,6	0,2	0,6	0,2
4'	1,0	0,4	1,0	0,3
5'	1,2	0,2	1,2	0,2
6'	1,5	0,3	1,5	0,3
7'	1,8	0,3	1,8	0,3
8'	2,0	0,2	2,0	0,3
9'	2,2	0,2	2,2	0,2
10'	2,4	0,2	2,4	0,2
11'	2,7	0,3	2,7	0,2
12'	2,9	0,2	2,9	0,2
13'	3,0	0,1	3,0	0,2
14'	3,2	0,2	3,2	0,2
15'	3,4	0,2	3,4	0,2
16'	3,5	0,1	3,5	0,2
17'	3,6	0,1	3,6	0,2
18'	3,9	0,3	3,9	0,2
19'	4,0	0,1	4,0	0,2
20'	4,3	0,3	4,3	0,2
21'	4,4	0,1	4,4	0,2
22'	4,5	0,1	4,5	0,2
23'	4,7	0,2	4,7	0,2
<b>24' (*)</b>	5,0	0,3	5,0	0,2
25'	0,0	0	5,0	0,2
26'	0,1	0,1	5,1	0,2
27'	0,2	0,1	5,2	0,2
28'	0,3	0,1	5,3	0,2
29'	0,5	0,2	5,5	0,2
30'	0,7	0,2	5,7	0,2



PONTO 2- SOLO COM COBERTURA VEGETAL				
Tempo	Nível de água	Lâmina Inf.(cm)	I.acumu. (cm)	Vi (cm/min)
0	-	-	-	0,0
0,5'	0,7	0,7	0,7	1,4
1'	1,5	0,8	1,5	1,5
1,5'	2,0	0,5	2,0	1,3
2'	2,5	0,5	2,5	1,3
3'	3,5	1	3,5	1,2
4'	4,1	0,6	4,1	1,0
<b>5' (*)</b>	5,0	0,9	5,0	1,0
6'	0,4	0,4	5,4	0,9
7'	1,2	0,8	6,2	0,9
8'	1,9	0,7	6,9	0,9
9'	2,6	0,7	7,6	0,8
10'	3,2	0,6	8,2	0,8
11'	3,9	0,7	8,9	0,8
12'	4,4	0,5	9,4	0,8
<b>13' (*)</b>	5,0	0,6	10,0	0,8
14'	0,3	0,3	10,3	0,7
15'	0,9	0,6	10,9	0,7
16'	1,5	0,6	11,5	0,7
17'	2,0	0,5	12,0	0,7
18'	2,7	0,7	12,7	0,7
19'	3,3	0,6	13,3	0,7
20'	3,9	0,6	13,9	0,7
21'	4,3	0,4	14,3	0,7
<b>22' (*)</b>	5,0	0,7	15,0	0,7
23'	0,0	0	15,0	0,7
24'	0,5	0,5	15,5	0,6
25'	1,0	0,5	16,0	0,6
26'	1,6	0,6	16,6	0,6
27'	2,1	0,5	17,1	0,6
28'	2,7	0,6	17,7	0,6
29'	3,2	0,5	18,2	0,6
30'	3,8	0,6	18,8	0,6